

repository.ub.ac.id

PENGONTROLAN DERAJAT KEASAMAN (pH) AIR SECARA OTOMATIS PADA KOLAM IKAN GURAME MENGGUNAKAN METODE *FUZZY MAMDANI*

SKRIPSI

KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

Dimas Guntoro

NIM: 135150301111144



PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018

PENGESAHAN

Pengontrolan Derajat Keasaman (pH) Air Secara Otomatis Pada Kolam Ikan
Gurame Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

SKRIPSI

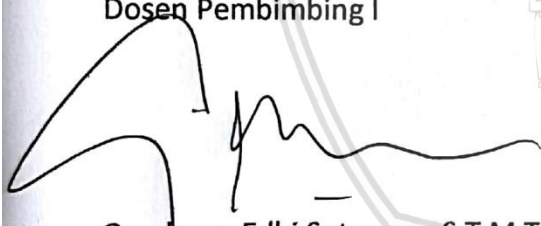
KEMINATAN TEKNIK KOMPUTER

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer


Disusun Oleh :
Dimas Guntoro
NIM: 135150301111144

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
02 Agustus 2018
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I


Gembong Edhi Setyawan, S.T, M.T
NIK. 201208 761201 1 001

Dosen Pembimbing II


Hurriyatul Fitriyah, S.T, M.Sc
NIP. 19851001 201504 2 003

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah proposal skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 12 Maret 2018



Dimas Guntoro

NIM : 135150301111144

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi dengan judul “PENGONTROLAN DERAJAT KEASAMAN (pH) AIR SECARA OTOMATIS PADA KOLAM IKAN GURAME MENGGUNAKAN METODE *FUZZY MAMDANI*” untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana Komputer.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak yang telah membantu penulis melewati banyak sekali hambatan dan kesulitan dalam menyusun skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah bersedia untuk memberi bantuan demi kelancaran penyusunan skripsi ini, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Kedua orang tua serta keluarga penulis yang telah memberikan doa serta dukungannya.
2. Bapak Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si, M.T, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Heru Nurwasito, Ir., M.Kom. selaku Wakil Ketua 1 Bidang Akademik Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
4. Bapak Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D. selaku Ketua jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
5. Bapak Sabriansyah Rizqika Akbar, S.T, M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Komputer Universitas Brawijaya Malang.
6. Bapak Gembong Edhi Setyawan, S.T, M.T selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan pengarahan dalam pembuatan proposal skripsi ini.
7. Ibu Hurriyatul Fitriyah, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan pengarahan dalam pembuatan proposal skripsi ini.
8. Seluruh dosen dan karyawan Fakultas Ilmu Komputer yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama proses penyelesaian skripsi ini.
9. Seluruh teman-teman angkatan 2013 dan pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran yang membangun penulis ucapkan terima kasih. Penulis mengharapkan semoga proposal skripsi ini dapat berguna bagi yang membutuhkan.

Malang, 12 Maret 2018

Penulis
msdigun@gmail.com

ABSTRAK

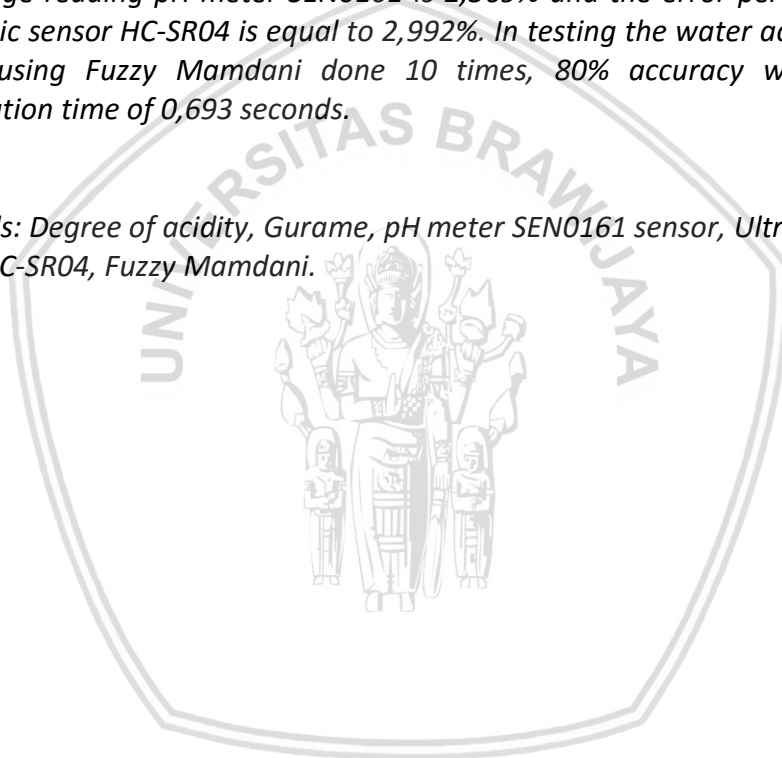
Pengolahan air merupakan hal utama yang harus diperhatikan saat budidaya ikan gurame dan derajat keasaman memegang peranan yang sangat penting untuk kesehatan ekosistem bawah air, karena jika derajat keasaman tidak tersedia sesuai kebutuhan maka dapat menjadi racun bagi ikan. Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu adanya penelitian terkait dengan sistem otomatisasi untuk mengendalikan nilai derajat keasaman sesuai dengan kebutuhan ikan gurame. Pada penelitian ini terdapat 2 sensor yaitu sensor pH meter SEN0161 dan sensor Ultrasonik HC-SR04 dengan mikrokontroler arduino menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*. Metode Fuzzy Mamdani dipilih untuk mengendalikan derajat keasaman air sesuai kebutuhan ikan gurame dengan cara menambahkan air sebanyak yang ditentukan dari hasil perhitungan *Fuzzy Mamdani* sebagai titik pusat z. Dari hasil beberapa pengujian yang dilakukan diketahui persentase error pembacaan sensor pH meter SEN0161 adalah sebesar 2,569 % dan persentase error pembacaan sensor Ultrasonik HC-SR04 adalah sebesar 2,992 %. Pada pengujian sistem pengontrolan derajat keasaman air menggunakan *Fuzzy Mamdani* yang dilakukan sebanyak 10 kali, diperoleh akurasi sebesar 80% dengan waktu komputasi rata-rata selama 0,693 detik.

Kata Kunci : Derajat keasaman, Gurame, sensor pH meter SEN0161, sensor Ultrasonik HC-SR04, Fuzzy Mamdani.

ABSTRACT

Water treatment is the main thing that must be considered when gurame fish culture and the degree of acidity plays a very important role for the health of underwater ecosystems, because if the degree of acidity is not available as needed then it can be toxic to fish. Based on these problems, the need for research related to the automation system to control the value of acidity degree in accordance with the needs of gurame fish. In this research there are 2 sensors namely pH meter SEN0161 sensor and Ultrasonic sensor HC-SR04 with arduino microcontroller using Fuzzy Mamdani method. The Fuzzy Mamdani method was chosen to control the acidity of the water according to the needs of the gurame fish by adding as much water as determined from Fuzzy Mamdani calculation as the center point z. From the results of several tests performed known error percentage reading pH meter SEN0161 is 2,569% and the error percent reading Ultrasonic sensor HC-SR04 is equal to 2,992%. In testing the water acidity control system using Fuzzy Mamdani done 10 times, 80% accuracy with average computation time of 0,693 seconds.

Keywords: Degree of acidity, Gurame, pH meter SEN0161 sensor, Ultrasonic sensor HC-SR04, Fuzzy Mamdani.



DAFTAR ISI

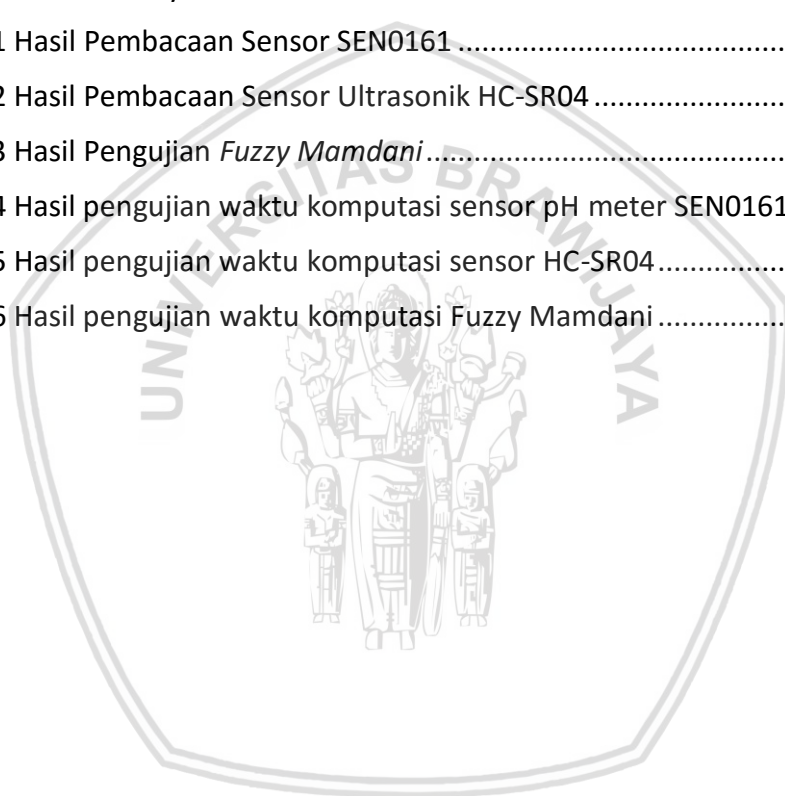
PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR PERSAMAAN	xii
LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Pembahasan.....	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Ikan Gurame	6
2.2.1.1 Teknik Budidaya Ikan Gurame	7
2.2.2 Sistem Pengendalian Otomatis	8
2.2.3 Fuzzy	9
2.2.3.1 Sejarah Logika Fuzzy.....	9
2.2.3.2 KonsepFuzzy	9
2.2.3.3 HimpunanFuzzy	10
2.2.3.4 Fuzzy Mamdani	13
2.2.5 Sensor.....	15
2.2.5.1 Sejarah Sensor.....	15
2.2.5.2 Elemen Elemen Penting Dalam Sensor	16
2.2.6 Mikrokontroler	18
2.2.6.1 Sejarah Mikrokontroler	18

2.2.7 Aktuator	20
BAB 3 METODOLOGI	21
3.1 Studi Literatur	21
3.2 Rekayasa Kebutuhan	21
3.3 Perancangan dan Implementasi Sistem	21
3.3.1 Perancangan Sistem	22
3.3.2 Implementasi Sistem	22
3.5 Pengujian dan Analisis Sistem	22
3.6 Kesimpulan	23
BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN	24
4.1 Gambaran Umum Sistem	24
4.2 Kebutuhan Sistem	24
4.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras	24
4.2.1.1 Sensor Keasaman Air (pH) Meter SEN0161	24
4.2.1.2 Modul pH sensor	25
4.2.1.3 Sensor Ultrasonik	26
4.2.1.4 Sensor Ultrasonik HC-SR04	26
4.2.1.4 Arduino	27
4.2.1.5 Arduino Uno	27
4.2.1.5 Relay	28
4.2.1.6 Pompa Air	29
4.2.1.7 Solenoid Valve	30
4.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak	31
4.2.3 Kebutuhan Fungsional	31
4.2.4 Kebutuhan Non Fungsional	32
4.3 Batasan Desain Sistem	32
BAB 5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI	33
5.1 Perancangan Sistem	33
5.1.1 Perancangan Alat Pengontrolan Derajat Keasaman (pH) Air	33
5.1.2 Perancangan Perangkat Keras	34
5.1.3 Perancangan Perangkat Lunak	37
5.1.3.1 Perancangan Program Utama Sistem	37
5.1.3.2 Perancangan Metode Fuzzy Mamdani	38
5.2 Implementasi Sistem	43

5.2.1 Implementasi Pengontrolan Derajat Keasaman (pH) Air Otomatis.....	44
5.2.2 Implementasi Perangkat Keras	44
5.2.3 Implementasi Perangkat Lunak.....	47
5.2.3.1 Implementasi Kode Program Pengambilan Data Sensor	47
5.2.3.2 Implementasi Kode Program <i>Fuzzy Mamdani</i>	50
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	53
6.1 Pengujian Keakuratan Sensor	53
6.1.1 Tujuan Pengujian.....	53
6.1.2 Prosedur Pengujian	53
6.1.3 Hasil dan Analisis Pengujian	54
6.1.3.1 Sensor pH Meter SEN0161	54
6.1.3.2 Sensor HC-SR04.....	56
6.2 Pengujian Fuzzy Mamdani	57
6.2.1 Tujuan Pengujian.....	57
6.2.2 Prosedur Pengujian	57
6.2.3 Hasil dan Analisis Pengujian	58
6.3 Pengujian Waktu Komputasi Pemrosesan Sistem	58
6.3.1 Tujuan Pengujian.....	58
6.3.2 Prosedur Pengujian	59
6.3.3 Hasil dan Analisis Pengujian.....	59
BAB 7 PENUTUP	60
7.1 Kesimpulan.....	60
7.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian Pustaka	6
Tabel 4.1 Nilai Derajat Keasaman Air (pH)	26
Tabel 5.1 Keterangan Koneksi Pin Modul pH Meter Dengan Arduino Uno.....	37
Tabel 5.2 Keterangan Koneksi Pin Sensor Untrsonik HC-SR04 dengan Arduino Uno..	37
Tabel 5.3 Keterangan Koneksi Pin Relay dengan Arduino Uno	38
Tabel 5.4 Keterangan Koneksi Pin Solenoid Valve dengan Arduino Uno	38
Tabel 5.5 Dasar Penentuan Output.....	42
Tabel 5.6 Aturan Fuzzy	42
Tabel 6.1 Hasil Pembacaan Sensor SEN0161	58
Tabel 6.2 Hasil Pembacaan Sensor Ultrasonik HC-SR04	60
Tabel 6.3 Hasil Pengujian <i>Fuzzy Mamdani</i>	62
Tabel 6.4 Hasil pengujian waktu komputasi sensor pH meter SEN0161	63
Tabel 6.5 Hasil pengujian waktu komputasi sensor HC-SR04	64
Tabel 6.6 Hasil pengujian waktu komputasi Fuzzy Mamdani	64



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ikan Gurame	7
Gambar 2.2 Diagram Blok Sistem Kontrol	9
Gambar 2.3 Blok Logika <i>Fuzzy</i>	10
Gambar 2.4 Himpunan <i>Fuzzy</i>	11
Gambar 2.5 Proses Defuzzifikasi	14
Gambar 2.6 Diagram blok sistem pengukuran	17
Gambar 2.7 Input dan Output Sistem Pengukuran	18
Gambar 2.8 Proses Pengukuran.....	18
Gambar 2.9 IC mikrokontroler	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian	22
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem	23
Gambar 4.1 Sensor pH Meter SEN0161	26
Gambar 4.2 Modul pH Sensor	27
Gambar 4.3 Sensor Ultrasonik Tipe HC-SR04.....	28
Gambar 4.4 Modul Pin Sensor Ultrasonik Tipe HC-SR04	28
Gambar 4.5 Board Arduino Uno	29
Gambar 4.6 Relay	30
Gambar 4.7 Pompa Air.....	31
Gambar 4.8 Solenoid Valve.....	32
Gambar 5.1 Desain Pengontrolan Derajat Keasaman (pH) Air	33
Gambar 5.2 Diagram Skematik Sistem.....	34
Gambar 5.3 Diagram Skematik Solenoid Valve.....	36
Gambar 5.4 Diagram alir perancangan program utama sistem	37
Gambar 5.5 Diagram alir perancangan Metode Fuzzy Mamdani.....	38
Gambar 5.6 Fungsi Himpunan dan Keanggotaan Sensor pH Meter	39
Gambar 5.7 Fungsi Himpunan dan Keanggotaan Sensor HC-SR04.....	40
Gambar 5.8 Fungsi Himpunan dan Keanggotaan Banyak Air	41
Gambar 5.9 Implementasi Alat Pengontrolan Keasaman (pH) Air	44
Gambar 5.10 Implementasi Rangkaian Sensor pH SEN0161 dan Modul pH Meter	45
Gambar 5.11 Implementasi Rangkaian Sensor HC-SR04	45
Gambar 5.12 Implementasi Rangkaian Solenoid Valve	46

Gambar 5.13 Implementasi Rangkaian Pompa.....	47
Gambar 5.14 Kode Program Inisialisasi Variabel	48
Gambar 5.15 Kode Program pembacaan nilai dan pengaturan kalibrasi sensor pH meter SEN0161	49
Gambar 5.16 Kode Program pembacaan nilai Sensor HC-SR04	49
Gambar 5.17 Kode program kontrol aktuator	50
Gambar 5.18 Implementasi <i>Fuzzifikasi</i>	51
Gambar 5.19 Implementasi <i>Inferensi</i>	51
Gambar 5.20 Implementasi Defuzzifikasi	52



DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (2.1) Metode Max (Maximum).....	13
Persamaan (2.2) Metode Additive (Sum).....	13
Persamaan (2.3) Metode Centroid (Composite Moment) untuk variabel kontinu	14
Persamaan (2.4) Metode Centroid (Composite Moment) untuk variabel diskrit	14
Persamaan (2.5) Metode Bisektor	14
Persamaan (5.1) Himpunan Low Sensor pH Meter SEN0161	37
Persamaan (5.2) Himpunan Normal Sensor pH Meter SEN0161.....	37
Persamaan (5.3) Himpunan High Sensor pH Meter SEN0161	37
Persamaan (5.4) Himpunan Low Sensor Jarak HC-SR04	49
Persamaan (5.5) Himpunan Normal Sensor Jarak HC-SR04	49
Persamaan (5.6) Himpunan Sedikit Penambahan Air	40
Persamaan (5.7) Himpunan Banyak Penambahan Air	40
Persamaan (5.8) Penalaran (<i>Inferensi</i>) Fuzzy	46
Persamaan (5.9) Mencari Nilai Max	41
Persamaan (5.10) Mencari Nilai Min	41
Persamaan (5.11) Mencari Nilai a_1	41
Persamaan (5.12) Mencari Nilai a_2	42
Persamaan (5.13) Komposisi Fungsi Keanggotaan	42
Persamaan (5.14) Momen 1.....	42
Persamaan (5.15) Momen 2.....	42
Persamaan (5.16) Momen 3.....	42
Persamaan (5.17) Luas Daerah A_1	42
Persamaan (5.18) Luas Daerah A_2	42
Persamaan (5.19) Luas Daerah A_3	42
Persamaan (5.20) Titik Pusat (z).....	42
Persamaan (6.1) Persentase Error	53
Persamaan (6.2) Selisih Nilai Pembacaan	53

LAMPIRAN

Lampiran A Kode Program Keseluruhan Sistem Pengontrolan Derajat Keasaman Dengan Metode <i>Fuzzy Mamdani</i>	63
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Makhluk hidup membutuhkan air untuk kelangsungan hidupnya. Manusia, Hewan, Tumbuhan dan makhluk hidup lainnya memperlihatkan betapa pentingnya tingkat kebutuhan air untuk makhluk hidup di bumi. Air yang merupakan kebutuhan untuk kelangsungan hidup juga memiliki beberapa parameter yang terkandung dalam air.

Ikan merupakan makhluk hidup yang berhabitat didalam air. Setiap ikan memiliki kebutuhan nutrisi yang berbeda-beda dalam parameter airnya. Ikan air tawar merupakan ikan yang bisa hidup dalam kandungan kadar garam terlarut rendah yaitu kurang dari 5 PPT. Pada saat ini banyak bisnis berkembang di Indonesia, salah satunya bisnis yang bergerak di sektor perikanan. Salah satu contoh bisnis yang bergerak di sektor perikanan yaitu budidaya ikan air tawar. Menurut Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia (Potensi usaha budidaya ikan air tawar, 2015) kenaikan budidaya ikan air tawar di Indonesia menyumbangkan angka hingga 1,1 juta ton. Oleh karena itu peluang usaha dalam bisnis budidaya ikan air tawar cukup menjanjikan untuk digeluti.

Ikan air tawar mempunyai banyak jenis yang dapat dibudidayakan. Ikan gurame merupakan salah satu ikan air tawar yang berpotensi untuk dibudidayakan. Gurame adalah ikan air tawar yang berbentuk pipih lebar, mempunyai warna merah sawo pada punggung dan mempunyai warna kekuningan pada bagian perut (Nico & Neison, 2013). Pada saat ini harga induk gurame berkisar diangka Rp. 75.000/ekor dengan berat 2 kg (Bachtiar, 2010). Harga gurame memang tidak murah dan cenderung stabil, tidak seperti ikan lainnya yang cenderung merosot saat panen raya (Susanto, 1989).

Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam budidaya ikan gurame. Pengolahan air merupakan hal utama yang harus diperhatikan saat budidaya ikan gurame. Menjaga kualitas air tetap stabil dapat melindungi larva dari perubahan cuaca. Ada beberapa syarat keadaan ideal untuk budidaya ikan gurame menurut Bachtiar (Bachtiar, 2010) yaitu suhu air berkisar 28-32 derajat celcius, tingkat derajat keasaman (pH) berkisar 6,5-7 dan oksigen 1-6 ppm. Derajat keasaman atau pH air berpengaruh terhadap pembentukan senyawa kimia didalam air. Senyawa beracun akan bersifat toksin pada pH rendah, sementara pembentukan rangka karang melalui proses kalsifikasi membutuhkan pH tinggi (Samawi, 2015). Nilai derajat keasaman memegang peranan yang sangat penting untuk kesehatan ekosistem bawah air bila tidak tersedia dalam kondisi yang benar. Nilai derajat keasaman air dengan kualitas baik maupun buruk semua berbeda sesuai kebutuhannya masing-masing karena setiap makhluk hidup memiliki kisaran nilai derajat keasaman optimum bagi kehidupannya.

Masalah pemeliharaan ikan sebagian besar disebabkan oleh faktor air, karena air adalah tempat dimana ikan hidup. Kualitas air ditentukan oleh

kandungan dalam air yaitu pH, salinitas, oksigen, suhu dll. Dari semua kandungan dalam air derajat keasaman (pH) lah yang sangatlah perlu diperhatikan. Kualitas air yang sangat asam sangat tidak disukai oleh ikan bahkan dapat menjadi racun bagi ikan. Tetapi banyak budidaya ikan air tawar banyak mengandalkan air sungai sebagai pemasok air utama. Kualitas air sungai pada saat ini tidak menjamin mempunyai tingkat keasamaan yang stabil. Beberapa sifat air terpolusi sangat bervariasi, seperti rasa yang berubah, bau mengengat atau minyak yang terapung pada air (Fardiaz, 1992). Selain itu air hujan yang dapat masuk kedalam kolam mungkin bisa sangat asam karena polusi udara. Oleh karena itu peningkatan pH air menggunakan air kapur merupakan cara yang paling aman karena tidak dapat meningkatkan angka pH air terlalu drastis (kuntono, 2016).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Saidul (2016) pada penelitian ini berhasil melakukan pengontrolan pada kolam ikan kerapu macan. Pada penelitian tersebut hanya melakukan pengontrolan derajat keasaman hanya menggunakan logika, bukan dengan menggunakan suatu metode. Pengontrolan derajat keasaman ini bisa dibilang masih belum efektif karena ketika nilai derajat keasaman berada diluar batas atas maupun bawah maka akan melakukan penambahan air baru secara berkala hingga didapat nilai derajat keasaman yang diinginkan. Hal ini tentu saja dinilai kurang efektif karena masih ada celah kesalahan dimana jika penambahan air secara berkalah ternyata terlalu banyak sehingga derajat keasaman menjadi terlalu rendah atau terlalu tinggi dan terlalu banyak waktu untuk melakukan operasinya karena penambahan air secara berkala yang tidak selalu langsung mendapat nilai derajat keasaman yang diinginkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan diatas, maka didapat rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana keakuratan pembacaan sensor pH meter SEN0161 dan sensor Ultrasonik HC-SR04 dalam mengakuisisi nilai derajat keasaman dan ketinggian air pada kolam ikan gurame?
2. Bagaimana performa metode *fuzzy Mamdani* untuk sistem pengontrolan pH secara otomatis pada kolam ikan gurame?
3. Bagaimana waktu komputasi *fuzzy mamdani* untuk pengontrolan pH secara otomatis pada kolam ikan gurame?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem yang dapat mengontrol tinggi rendahnya suatu nilai dari keasaman air (pH) menggunakan sensor pH meter jenis SEN0161, mengontrol tinggi rendahnya air pada kolam ikan gurame menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04.

2. Membangun dan merancang sistem yang dapat mengontrol nilai dari keasaman air (pH) secara otomatis menggunakan metode *fuzzy Mamdani*.
3. Melakukan pengujian dan analisis apakah metode fuzzy mamdani dapat dijadikan alternative untuk sistem pengontrolan derajat keasaman air (pH) secara otomatis.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem ini diharapkan mampu mengontrol derajat keasaman air dalam kolam ikan gurame.
2. Sistem dapat memberikan kemudahan bagi masyarakat umum dalam memberikan perawatan kolam ikan gurame.
3. Menjadi salah.satu rujukan penelitian yang terkait.

1.5 Batasan Masalah

Ruang lingkup masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem pengontrolan derajat kesaman (pH) air secara otomatis dilakukan di kolam ikan gurame berukuran 167cm x 500cm x 60cm (P x L x T).
2. Sistem yang dibangun difokuskan pada kebutuhan derajat keasaman untuk ikan gurame.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika pembahasan penelitian.

BAB II LANDASAN KEPUSTAKAAN

Bab ini membahas teori teori yang digunakan sebagai dasar untuk mendukung penelitian.

BAB III METODOLOGI

Bab ini membahas metode dan prosedur yang digunakan dalam melakukan penelitian yang terdiri dari studi literature, perancangan, implementasi pengujian dan analisis, serta pengambilan kesimpulan.

BAB IV REKAYASA KEBUTUHAN

Menguraikan secara rinci terkait gambaran.umum sistem, analisis kebutuhan fungsional, kebutuhan perangkat keras, kebutuhan perangkat lunak dan batasan sistem.

BAB V PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Membahas mengenai proses perancangan.alat pengontrolan derajat keasaman (pH) air secara otomatis hingga implementasi perangkat keras dan perangkat lunak serta metode fuzzy mamdani dalam menentukan titik pusat.

BAB VI PENGUJIAN DAN ANALISIS

Membahas tahapan-tahapan pengujian yang dilakukan terhadap sistem dan melakukan analisa.terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan.

BAB VII PENUTUP

Menguraikan kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan, dan menyampaikan saran.yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem serupa kedepannya.



BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka membahas perbandingan antara penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian yang diusulkan. Pada penelitian ini tinjauan pustaka diambil dari beberapa penelitian yang pernah dilakukan. Tujuan dari melakukan kajian pustaka adalah untuk mengkaji hasil penelitian sebelumnya dan dijadikan sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian.

Penelitian yang dilakukan Shahrulakram (2016) tentang sistem monitoring derajat keasaman. Air adalah pelarut yang sangat baik dan biasanya mengandung berbagai mineral terlarut dan bahan kimia lainnya. Molekul air membentuk ikatan hidrogen satu sama lain dan sangat polar yang mampu melarutkan atau menanggukkan banyak senyawa yang berbeda. Karena ini, air digunakan secara ekstensif dalam persiapan, pengolahan dan produksi produk farmasi dengan standar yang ketat. Penelitian ini berfokus pada sistem pemantauan penyimpanan air untuk tanaman farmasi dengan sensor pH. Langkah pertama adalah mengotomatisasi penyimpanan air untuk pabrik yang mengontrol *level* di tangki penyimpanan. Langkah selanjutnya adalah memonitor pH air karena sangat penting karena perubahan pH yang berbeda dapat mengganggu kinerja produk tanaman farmasi. Kisaran pH yang dapat diterima untuk air dalam tangki penyimpanan adalah antara 6,5 hingga 8,0. Sistem monitoring menggunakan Arduino Mega (2560) sebagai mikrokontroler untuk mengontrol aliran program. Sensor pH yang digunakan adalah SEN0161 dan dipantau oleh Arduino Serial Monitor.

Penelitian oleh Nafiah (2017) yang melakukan penerapan *fuzzy mamdani* untuk pengisian bak otomatis. Air memegang peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Peran tersebut dapat terlihat dari tingkat kebutuhan manusia dalam penggunaan air di kehidupan sehari-hari. Saat ini pengisian bak mandi pada rumah-rumah masih menggunakan prinsip pengisian secara manual, yang artinya masih membutuhkan tenaga manusia untuk mengoperasikannya. Karena masih menggunakan prinsip pengisian secara manual kurang efisien, kurang menghemat waktu, dan kurang menghemat air. Pada penelitian ini dibuat sistem *Automatic Water Filling* menggunakan logika *fuzzy mamdani*. Input pada sistem ini terdapat 3 yaitu, input ketinggian air dari sensor ultrasonik HC-SR04, jumlah aliran air yang dikeluarkan dihitung menggunakan sensor *waterflow* G1/2, dan menghitung volume ukuran bak mandi yang didapat dari hasil input user menggunakan keypad 4x3. Selanjutnya, diproses oleh Mikrokontroler Arduino Uno dan output sistem akan ditampilkan pada LCD. Implementasi logika *fuzzy mamdani* pada pengisian bak mandi otomatis ini terdiri dari empat tahap yaitu, Pembentukan himpunan *fuzzy*, Aplikasi fungsi implikasi, Komposisi aturan, dan *Defuzzifikasi*. Output pada sistem ini berupa durasi lama pengisian bak mandi.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah disebutkan diatas, penulis mengamati kelebihan dan kekurangan dari penelitiannya serta tertarik untuk

mengatasi kekurangannya. Pada penelitian pertama, penulis mengembangkan dengan menambahkan sistem pengontrolan dan logika *fuzzy mamdani*. Selanjutnya berdasarkan penelitian kedua penulis bermaksud menerapkan metode yang sama untuk melakukan pengontrolan pada kolam ikan gurame.

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No.	Judul	Persamaan	Perbedaan	
			Penelitian Sebelumnya	Rencana Penelitian
1.	Shahrulakram, M. A. (2016), Water storage monitoring system with pH sensor for pharmaceutical plants.	Menggunakan Sensor pH Meter SEN0161.	Hanya melakukan monitoring.	Menambahkan sistem kendali otomatis dan logika fuzzy.
2.	Nafiah, S. (2017), Rancang Bangun <i>Automatic Water Filling Tub System</i> Menggunakan <i>Algoritma Fuzzy Mamdani</i> .	Menggunakan logika <i>fuzzy mamdani</i> .	Mengimplementasikan pada pengisian otomatis air.	Mengimplemen tasikannya pada kolam ikan gurame.

2.2 Dasar Teori

Dasar teori membahas berbagai teori yang diperlukan untuk menyelesaikan penelitian ini. Dasar teori digunakan sebagai landasan untuk dapat mengimplementasikan sistem sesuai dengan ilmu pengetahuan yang telah dikembangkan.

2.2.1 Ikan Gurame

Ikan gurami merupakan ikan yang hidup di air tawar dan merupakan jenis ikan yang populer sebagai ikan konsumsi di wilayah asia tenggara. Ikan gurami mempunyai ciri ciri berupa duri dan jari-jari kedua lentur serupa cambuk. Panjang tubuh ikan gurami bias mencapai 1000 mm. (Kottelat and Whitten 1996). Ikan gurami muda mempunyai moncong yang meruncing, dan mempunyai belang melintang ditubuhnya. Ketika gurami beranjak dewasa warna pada gurami akan memudar dan kepala gurami akan membesar secara tidak teratur.

Pada mulanya gurami menyebar di pulau Jawa, Sumatra dan Kalimantan, namun sekarang telah menyebar di berbagai negara di asia (Weber, Beaufort and Bleeker 1991). Gurami hidup di sungai, rawa dan kolam. Kolam yang disukai gurami adalah kolam yang dangkal dengan banyak tumbuhan. Terkadang gurami muncul ke permukaan air untuk bernafas secara langsung. Ikan gurami populer sebagai ikan konsumsi dikarenakan daginya yang padat, mempunyai duri besar dan mempunyai rasa yang enak dan gurih.



Gambar 2.1 Ikan Gurame

Sumber : (Buku Pintar Budi Daya & Bisnis Gurami)

2.2.1.1 Teknik Budidaya Ikan Gurame

Menurut Durachman (2018) Teknik untuk budidaya gurami adalah sebagai berikut :

1. Seleksi Induk

Hal pertama yang dilakukan saat menyeleksi induk adalah menentukan induk jantan dan betina. Induk jantan pada ikan gurami mempunyai ciri warna badan terang, perut membulat dan badan relative Panjang. Sedangkan induk betina mempunyai ciri warna badan gelap dan agak pucat, lincah dan perut didekat anus. Untuk menentukan induk yang sudah matang dan siap berkembang biak yaitu induk gurami mempunyai perut yang membesar ke belakang, anus tampak putih kemerahan dan perut yang lembek.

2. Kontruksi Kolam

Kontruksi kolam yang diperlukan pada ikan gurami adalah mempunyai luas 200 – 300 m persegi, total kedalamannya pada kolam 1 – 1,5 m, kedalaman air 0,7 – 1,0 m.

3. Proses Pemijahan

Untuk pemijahan ikan gurami harus melakukan pengeringan pada kolam kemudian pembersihan dan perbaikan pada pematang. Pembuatan sarang dapat dilakukan dari batok kelapa.

Ketika telah selesai proses pemilihan induk, induk dimasukkan kedalam kolam pemijahan dengan rasio perbandingan jantan dan betina sebanyak 1 dibanding 3. Pada hari ke 15 sarang yang telah dibuat dapat dicek. Sarang yang telah tertutup injuk dan terdapat induk betina yang menuggui sarang maka sarang tersebut telah berisi telur ikan gurami.

4. Pemeliharaan dan Penetasan

Ketika sarang yang telah berisi telur diambil dan disimpan di dalam ember, telur dipindahkan ke bak penetasan. Bak penetasan memerlukan kedalamannya air 20 cm dan mempunyai suhu 27 – 28 derajat celcius. Kemudian setelah 10 hari telur yang telah menetas menjadi larva dipindah ke bak pendederan.

Bak pendederan dipersiapkan 2 – 3 hari sebelum telur menjadi larva. Bak penderan harus dipersiapkan dengan cara bak dibersihkan, diberi pupuk kandang kemudian dilakukan pengapuran. Setelah persiapan selesai bak di isi air dan diendapkan selama 1 hari. Larva dipindahkan ke bak pendederan selama 14 hari.

5. Pemeliharaan Benih

Benih yang dipelihara dengan baik harus mampu mempunyai syarat kontrol suhu, tingkat keasaman dan kadar oksigen yang baik. Suhu yang diperlukan untuk pemeliharaan benih adalah 24 – 30 derajat celcius. Sedangkan tingkat keasaman yang ideal untuk pemeliharaan benih maupun dewasa adalah (pH) 6,5 – 7 dan mempunyai kadar oksigen 1 – 6 ppm.

6. Pemanenan Benih

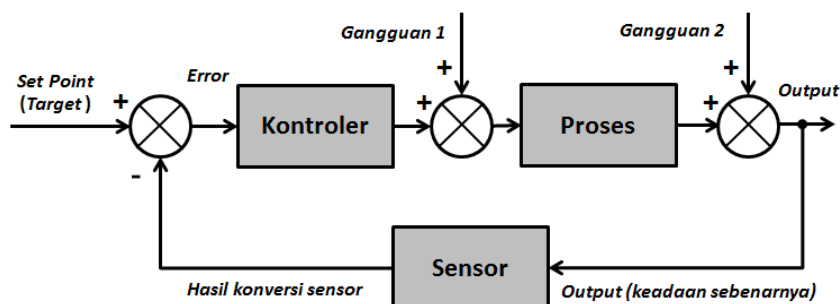
Pemanenan benih yang terbaik dilakukan pada jam 07.00 – 09.00 dengan cara menguras air sedikit demi sedikit. Kemudian benih dipindah ke kolam yang lebih besar.

2.2.2 Sistem Pengendalian Otomatis

Sistem Pengendalian Otomatis adalah sistem pengendalian dimana subyek digantikan oleh suatu alat yang disebut *controller*. Dimana tugas untuk membuka dan menutup *valve* tidak lagi dikerjakan oleh operator, tetapi atas perintah *controller* (Gunterus, 1994).

Secara sederhana dapat disebutkan, sistem kontrol adalah proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (*variable*, *parameter*) sehingga berada pada suatu harga atau dalam suatu rangkuman harga (*range*) tertentu. Dalam istilah lain disebut juga teknik pengaturan, sistem pengendalian atau pengontrolan. Ditinjau dari segi peralatan, sistem kontrol terdiri dari berbagai susunan komponen fisis yang digunakan untuk mengarahkan aliran energi ke suatu mesin atau proses agar dapat menghasilkan proses yang diinginkan.

Pengontrolan secara manual adalah pengontrolan yang dilakukan oleh manusia yang bertindak sebagai operator, sedangkan pengontrolan secara otomatis adalah pengontrolan yang dilakukan oleh mesin-mesin atau peralatan yang berkerja secara otomatis dan operasinya dibawah pengawasan manusia. Pengontrolan secara manual banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari pada penyetelan suara radio, televisi, dan lain-lain. Sedangkan pengontrolan secara otomatis bisa ditemukan proses industri, mesin cuci yang sudah berteknologi *fuzzy* dan lain-lain.



Gambar 2.2 Diagram blok sistem kontrol

2.2.3 Fuzzy

2.2.3.1 Sejarah Logika Fuzzy

Sistem *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. L. A. Zadeh dari Barkelay pada tahun 1965. Sistem *fuzzy* merupakan penduga numerik yang terstruktur dan dinamis. Sistem ini mempunyai kemampuan untuk mengembangkan sistem intelijen dalam lingkungan yang tak pasti. Sistem ini menduga suatu fungsi dalam logika *fuzzy*. Dalam logika *fuzzy* terdapat beberapa proses yaitu penentuan himpunan *fuzzy*, penerapan aturan *IF-THEN* dan proses *inferensi fuzzy* (Marimin, 2005:10).

Logika adalah ilmu yang mempelajari secara sistematis aturan-aturan penalaran yang absah/valid. Sebelum muncul teori logika *fuzzy* dikenal logika tegas (*crisp logic*) yang hanya memiliki dua buah nilai yaitu benar atau salah secara tegas. Sebaliknya, logika *fuzzy* merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzziness*) antara benar dan salah. Konsep modern mengenai ketikpastian dimulai dengan *paperyang* ditulis oleh Dr. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965 dari Universitas California, Barkeley (Susilo, 2006).

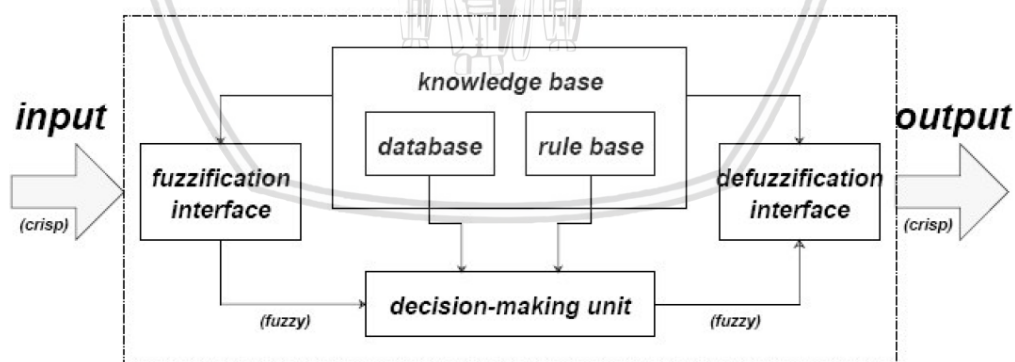
2.2.3.2 Konsep Fuzzy

Zadeh memperkenalkan konsep yang disebut *fuzziness* dan teori dengan nama *Fuzzy Set Theory*. *Fuzziness* didefinisikan sebagai logika kabur berkenaan dengan semantik suatu kejadian, fenomena atau pernyataan itu sendiri. Teori tersebut memiliki objek-objek yang memiliki batasan yang tidak presisi dalam keanggotaan himpunan *fuzzy*. Logika tersebut tidak dinyatakan dalam hasil logika benar atau salah, tapi dinyatakan dalam derajat (*degree*) (Frans Susilo, 2006). Karena itu, dalam teori logika *fuzzy* sebuah nilai dapat bernilai benar atau salah bersamaan, namun beberapa besar kebenaran dan kesalahan suatu nilai tergantung kepada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika *fuzzy* menggantikan kebenaran Boolean dengan tingkat kebenaran. Logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistic, konsep tidak pasti seperti “sedikit”, “lumayan”, “sangat”.

Adapun beberapa alasan digunakannya logika *fuzzy*, adalah:

1. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Karena logika *fuzzy* menggunakan dasar teori himpunan, maka konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* tersebut cukup mudah untuk dimengerti.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel, artinya mampu beradaptasi dengan perubahan-perubahan, dan ketidakpastian yang menyertai permasalahan.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang cukup homogeny, dan kemudian ada beberapa data “eksklusif”, maka logika *fuzzy* memiliki kemampuan untuk menangani data eksklusif tersebut.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi *non-linear* yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan. Dalam hal ini, sering dikenal dengan istilah *fuzzyexpert* sistem menjadi bagian terpenting.
6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional. Hal ini umumnya terjadi pada aplikasi di bidang teknik mesin maupun teknik elektro.
7. Logika *fuzzy* didasari pada bahasa alami. Logika *fuzzy* menggunakan bahasa sehari-hari sehingga mudah dimengerti.

Logika *fuzzy* terdiri dari tiga komponen utama yaitu : fuzzifikasi dengan *membership function*, penalaran (berdasarkan *input* dan *rule* linguistik) untuk menghitung keluaran *fuzzy*, dan *defuzzifikasi* untuk menciptakan *crisp output* (Tribalengineering, 2015).



Gambar 2.3 Blok Logika *Fuzzy*

Sumber : (Tribalengineering, 2015)

2.2.3.3 Himpunan Fuzzy

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan (X) , memiliki dua kemungkinan, yaitu:

- a. Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau

- b. Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Contoh:

Misalkan variable umur dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

MUDA umur < 35 tahun

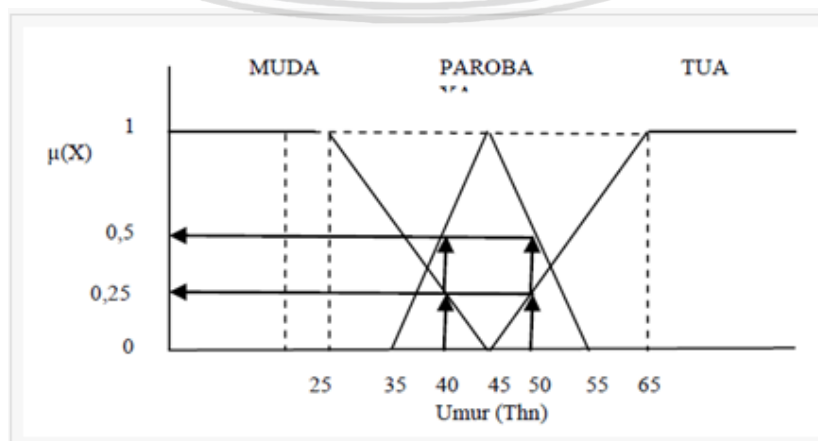
PAROBAYA $35 \leq \text{umur} \leq 55$ tahun

TUA umur > 55 tahun

Dari kategori diatas dapat dijelaskan bahwa:

1. Apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan MUDA ($\mu(34)=1$)
2. Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan TIDAK MUDA ($\mu(35)=0$)
3. Apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka ia dikatakan TIDAK MUDA ($\mu(35-1 \text{ hari})=1$)
4. Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan PAROBAYA ($\mu(35)=1$)
5. Apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan TIDAK PAROBAYA ($\mu(34)=0$)
6. Apabila seseorang berusia 55 tahun, maka ia dikatakan PAROBAYA ($\mu(55)=1$)
7. Apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari, maka ia dikatakan TIDAK PAROBAYA ($\mu(35-1 \text{ hari})=0$)

Dari sini dapat dikatakan bahwa pemakaian himpunan crisp untuk menyatakan umur sangat tidak adil. Adanya perubahan kecil saja pada suatu nilai mengakibatkan perbedaan kategori yang cukup signifikan. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk mengantisipasi hal tersebut. Seseorang dapat masuk dalam dua himpunan yang berbeda, MUDA dan PAROBAYA, PAROBAYA dan TUA, dan sebagainya. Seberapa besar eksistensinya dalam himpunan tersebut dapat dilihat pada nilai keanggotaannya. Gambar berikut menunjukkan himpunan *fuzzy* untuk variabel umur.



Gambar 2.4 Himpunan Fuzzy

Sumber : (docplayer.info, 2016)

Pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa:

1. Seseorang yang berumur 40 tahun, termasuk dalam himpunan MUDA dengan $(40) = 0,25$; namun dia juga termasuk dalam himpunan PAROBAYA $(40) = 0,5$.
2. Seseorang yang berumur 50 tahun, termasuk dalam himpunan TUA dengan $(50) = 0,25$; namun dia juga termasuk dalam himpunan PAROBAYA $(50)=0,5$.

Terkadang kemiripan antara keanggotaan *fuzzy* dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai interval $[0,1]$, namun interpretasi nilainya sangat berbeda antara kedua kasus tersebut. Keanggotaan *fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang. Misalnya, jika nilai keanggotaan bernilai suatu himpunan *fuzzy* USIA adalah 0,9; maka tidak perlu dipermasalahkan berapa seringnya nilai itu diulang secara individual untuk mengharapkan suatu hasil yang hamper pasti muda. Dilain pihak, nilai probabilitas 0,9 usia berarti 10% dari himpunan tersebut diharapkan tidak muda (Dewi, 2003).

Himpunan *Fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: MUDA, PAROBAYA, TUA.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 40, 25, 50, dsb.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy* (Kusuma Dewi, 2003), yaitu:

1. Variabel *fuzzy* yaitu variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contohnya: umur, temperature, permintaan, dsb.
2. Himpunan *fuzzy* yaitu suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Contohnya: variabel temperatur, terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu: DINGIN, SEJUK, NORMAL, HANGAT, dan PANAS.

Semesta Pembicaraan yaitu keseluruhan nilai yang diperoleh untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*, semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri kekanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya. Contohnya semesta pembicaraan untuk variabel umur: $[0 +\infty]$.

Domain Himpunan *Fuzzy* yaitu keseluruhan nilai yang diijinkan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif

maupun negatif. Contoh domain himpunan *fuzzy*: DINGIN = [0,20], SEJUK = [15,20], NORMAL = [20,30], HANGAT = [25,35] dan PANAS = [30,40].

2.2.3.4 Fuzzy Mamdani

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama metode Max-Min. metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Kusuma Dewi, 2003). Untuk mendapatkan output diperlukan beberapa tahapan, antara lain:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*.

Menentukan semua variable yang terkait dalam proses yang akan ditentukan. Untuk masing-masing variabel *input*, tentukan suatu fungsi fuzzifikasi yang sesuai. Pada Metode Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Menyusun basis aturan, yaitu aturan-aturan berupa implikasi-implikasi *fuzzy* yang menyatakan relasi antara variabel *input* dengan variabel *output* Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komposisi aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila system terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan kolerasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu max, additive dan probabilistik OR (probor).

a. Metode Max (Maximum)

Metode Max (Maximum) mengambil solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengapilaskannya ke output dengan menggunakan operator OR (union). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proporsi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] = \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]) \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi Fuzzy sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen Fuzzy aturan ke-i;

b. Metode Additive (Sum)

Metode Additive (Sum) mengambil solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua output daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] = \min(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi Fuzzy sampai aturan ke-i;

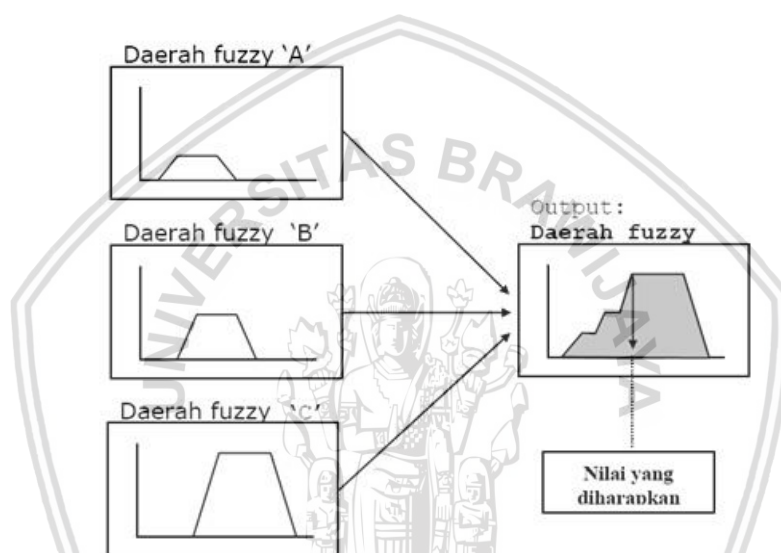
$\mu_{kf} [x_i] = \text{nilai keanggotaan konsekuen Fuzzy aturan ke-}i$;

c. Metode Probabilistik OR (probor)

Metode Probabilistik OR (probor) mengambil solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua output daerah fuzzy.

4. Penegasan (defuzzifikasi)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu sebagai output seperti terlihat pada Gambar berikut :



Gambar 2.5 Proses Defuzzifikasi

Sumber : (Kusumadewi, 2010)

Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan MAMDANI antara lain:

a. Metode Centroid (Composite Moment)

Pada metode centroid solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan:

$$z^* = \frac{\int z \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz} \text{ untuk variabel kontinu} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \text{ untuk variabel diskrit} \dots \dots \dots (2.4)$$

b. Metode Bisektor

Pada metode bisektor solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *Fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$Z_p \text{ sedemikian hingga } \int_{R1}^p \mu(z) dz = \int_p^{Rn} \mu(z) dz \dots\dots\dots (2.5)$$

c. Metode Mean of Maximum (MOM)

Pada metode mean of maximum solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. Metode Largest of Maximum (LOM)

Pada metode largest of maximum solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e. Metode Smallest of Maximum (SOM)

Pada metode smallest of maximum solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

- Pinout : menambahkan SDA dan SCL pin yang dekat ke pin aref dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin RESET, dengan I/O REF yang memungkinkan sebagai buffer untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari board sistem. Pengembangannya, sistem akan lebih kompatibel dengan prosesor yang menggunakan AVR, yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino karena beroperasi dengan 3,3V. Yang kedua adalah pin yang tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan pengembangannya.

2.2.5 Sensor

Sensor adalah detektor yang memiliki kemampuan untuk mengukur beberapa jenis kualitas fisik yang terjadi, seperti tekanan atau cahaya dan elemen sistem yang secara efektif berhubungan dengan proses dimana suatu variabel sedang diukur dan menghasilkan suatu keluaran dalam bentuk tertentu tergantung pada variabel masukannya, dan dapat digunakan oleh bagian sistem pengukuran yang lain untuk mengenali nilai variabel tersebut. Sensor kemudian akan dapat mengkonversi pengukuran menjadi sinyal bahwa seseorang akan dapat membaca dan mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya.

2.2.5.1 Sejarah Sensor

Manusia telah bereksperimen dengan sensor dari berbagai jenis setidaknya sejak abad ketiga sebelum masehi, SM, ketika Philo dari Bizantium

membangun perangkat yang mampu menunjukkan berapa banyak udara yang mengembang akibat perubahan suhu. Pada abad ketujuh belas, astronom Italia dan fisikawan Galileo Galilei sedang membangun versi pertama dari *termometer*. Beberapa dekade kemudian pada tahun 1784, seorang insinyur Inggris bernama George Atwood telah dirancang *accelerometer* pertama, alat untuk menunjukkan kebenaran Fisika Newtonian sampai ditemukan kembali pada akhir abad kedua puluh sebagai gadget yang mampu beberapa aplikasi (yang fungsi *auto-rotate* pada *smartphone* dan tablet perangkat tergantung pada *accelerometers*).

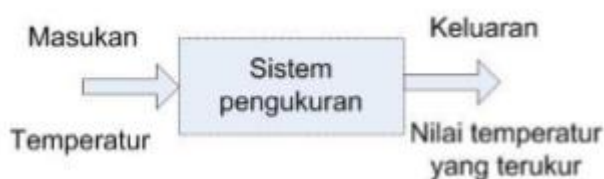
Selain itu *termostat* pertama kali datang ke pasar pada tahun 1883, dan banyak yang menganggap ini modern pertama, sensor buatan manusia. Sensor *inframerah* telah ada sejak akhir 1940-an, meskipun mereka sudah benar-benar hanya masuk *nomenklatur* populer selama beberapa tahun terakhir. *Detektor* gerak telah digunakan untuk beberapa tahun.

Kadang-kadang penemuan yang dibuat oleh para ilmuwan kreatif terbengkelai selama beberapa dekade dan bahkan abad sampai aplikasi untuk kembali dibutuhkan. Misalnya, *radiasi inframerah* (harfiah radiasi dari panjang gelombang di bawah cahaya merah terlihat), ditemukan pada tahun 1800 oleh astronom Jerman William Herschel. Tiga dekade kemudian pada tahun 1831, fisikawan Italia Melloni menciptakan *thermopile* mampu mendeteksi kehangatan (yaitu menerima radiasi *inframerah*) dari subjek manusia berdiri sepuluh meter. Tapi itu tidak sampai tahun 1970-an yang *inframerah* sensor yang mampu menciptakan "kehangatan" gambar manusia atau hewan di kamera yang dirancang khusus benar-benar dikembangkan.

Tahun-tahun saat Perang Dunia II disponsori oleh negara saat itu ditemukan banyak hal. *Pra-kursor* dari *Radio Frequency Identification* atau *RFID chip* dan sensor gerak dikembangkan dengan kepentingan untuk perang selama periode ini, dengan penemuan radar benar-benar membuat dalam teknologi abad kesembilan belas dan *RFID* tumbuh dari *transponder IFF (Identification Friend or Foe)* dasar yang digunakan untuk mendeteksi suara khas dari musuh dan pesawat yang ramah.

2.2.5.2 Elemen Elemen Penting Dalam Sensor

Sistem *instrumentasi* yang digunakan untuk melakukan pengukuran memiliki masukan berupa nilai sebenarnya dari variabel yang sedang diukur, dan keluaran berupa nilai variabel yang terukur seperti gambar berikut.



Gambar 2.6 Diagram blok sistem pengukuran

Sebagai contoh, *termometer* dapat digunakan untuk memberikan nilai *numerik* dari *temperatur* pada sebuah cairan. Namun harus dipahami karena

berbagai alasan, nilai numerik ini mungkin tidak merepresentasikan nilai variabel yang sebenarnya. Jadi dalam kasus ini sangat mungkin terjadi *error* dalam pengukuran misalnya disebabkan oleh keterbatasan akurasi dalam kalibrasi skala, *error* pembacaan karena pembacaannya jatuh diantara dua tanda skala, atau mungkin juga *error* yang muncul karena pencelupan *termometer* dari cairan dingin ke cairan panas, yang menyebabkan terjadinya penurunan *temperatur* cairan pada cairan panas, sehingga *temperatur* yang sedang diukur pun berubah.

Dari fenomena-fenomena seperti ini lah, maka muncul istilah-istilah atau terminologi yang menggambarkan unjuk kerja (performansi) pada suatu sistem pengukuran dan elemen-elemen fungsionalnya seperti akurasi, eror, jangkauan (*range*), presisi, *repeatability*, *reproduksibilitas*, *sensitivitas*, dan *stabilitas* yang nantinya akan mempengaruhi karakteristik dinamik suatu sistem pengukuran sehingga dapat dilihat performansinya secara menyeluruh. Pembahasan mengenai istilah-istilah unjuk kerja ini, akan dibahas pada tulisan berikutnya. Sistem instrumentasi yang digunakan untuk melakukan pengukuran terdiri dari beberapa elemen-elemen yang digunakan untuk menjalankan beberapa fungsi tertentu. Elemen-elemen fungsional ini adalah sensor, prosesor sinyal, dan penampil data.

1. Sensor

Sensor adalah elemen sistem yang secara efektif berhubungan dengan proses dimana suatu variabel sedang diukur dan menghasilkan suatu keluaran dalam bentuk tertentu tergantung pada variabel masukannya, dan dapat digunakan oleh bagian sistem pengukuran yang lain untuk mengenali nilai variabel tersebut.

2. Prosesor sinyal

Bagian ini merupakan elemen sistem instrumentasi yang akan mengambil keluaran dari sensor dan mengubahnya menjadi suatu bentuk besaran yang cocok untuk tampilan dan *transmisi* selanjutnya dalam beberapa sistem kontrol. Seperti pengondisi sinyal (*signal conditioner*) merupakan salah satu bentuk prosesor sinyal.



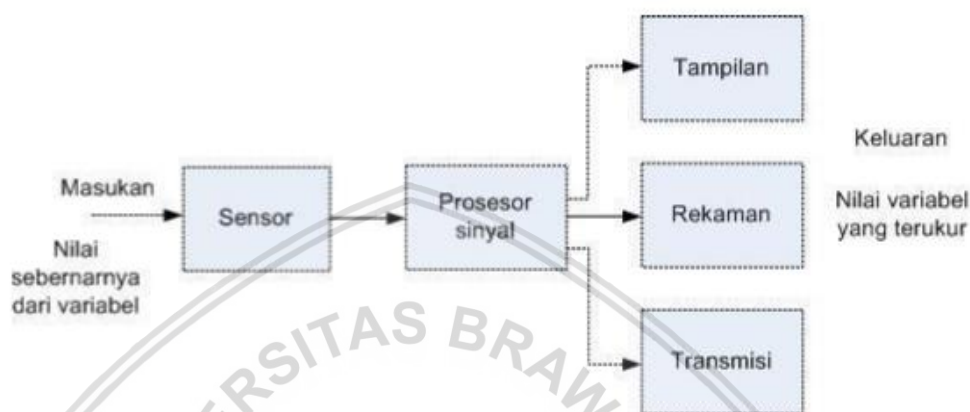
Gambar 2.7 Input dan output sistem pengukuran

3. Penampilan data

Elemen terakhir pada sebuah sistem instrumentasi pengukuran adalah penampil data. Elemen ini menampilkan nilai-nilai yang terukur dalam bentuk yang bisa dikenali oleh pengamat, seperti melalui sebuah alat penampil (*display*), misalnya sebuah jarum penunjuk (*pointer*) yang

bergerak disepanjang skala suatu alat ukur. Selain ditampilkan, sinyal tersebut juga dapat direkam, misalnya pada kertas perekam diagram atau pada piringan *magnetik*, ataupun ditransmisikan ke beberapa sistem yang lain seperti sistem kontrol/kendali.

Dengan menggabungkan ketiga elemen-elemen pembentuk sistem instrumentasi pengukuran di atas, maka secara umum sistem pengukuran dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2.8 Proses pengukuran

2.2.6 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil (*"special purpose computers"*) di dalam satu IC yang berisi CPU, memori, timer, saluran komunikasi serial dan paralel, Port input/output, ADC. Mikrokontroler digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program.



Gambar 2.9 IC mikrokontroler

2.2.6.1 Sejarah Mikrokontroler

Sejarah mikrokontroler tidak terlepas dari sejarah mikroprosesor dan komputer. Diawali dengan ditemukannya mikroprosesor, kemudian ditemukan komputer, setelah itu ditemukan mikrokontroler. Berikut ini sejarah mikrokontroler :

1. Tahun 1617, John Napier menemukan sistem untuk melakukan perkalian dan pembagian berdasarkan logaritma.
2. Tahun 1694, Gottfried Wilhelm Leibniz membuat mesin mekanik yang dapat melakukan operasi $+$, $-$, $*$, $/$ dan akar kuadrat.
3. Tahun 1835, Charles Babbage mengusulkan komputer digital (*Digital Computer*) pertama di dunia menggunakan *punched card* untuk data dan instruksi, serta program *control* (*looping and branching*) dengan unit aritmatika dan unik penyimpanan.
4. Tahun 1850, George Boole mengembangkan *symbolic logic* termasuk operasi binari (*AND, OR, dll*).
5. Tahun 1946, Von Neumann menyarankan bahwa instruksi menjadi kode numerik yang disimpan pada memori. Komputer dan semua mikrokontroler didasarkan pada komputer Von Neumann.
6. Tahun 1948, ditemukannya transistor, dengan dikembangkannya konsep software, pada tahun 1948 mulai adanya perkembangan hardware penting seperti transistor.
7. Tahun 1959, pertama kali dibuatnya IC (*Integrated Circuit*).
8. Tahun 1971, Intel membuat mikroprosesor Intel 4004. Mikroprosesor ini merupakan mikroprosesor pertama yang dikembangkan oleh Intel (*Integrated Electronics*). Mikroprosesor ini terdiri dari 2250 transistor. Intel 4004 merupakan mikroprosesor 4 bit. Kemudian pada tahun 1974, Intel membuat mikroprosesor generasi kedua (Intel 8008), Intel 8008 merupakan mikroprosesor 8 bit. Semakin besar ukuran bit berarti mikroprosesor dapat memproses lebih banyak data. IC mikroprosesor Intel 4004 dan Intel 8008 ini dikemas dalam bentuk DIP (*Dual Inline Package*).
9. Tahun 1972, Mikrokontroler yang dibuat adalah TMS 1000. TMS 1000 merupakan mikrokontroler 4-bit buatan Texas Instruments (TI). Mikrokontroler TMS 1000 dibuat oleh Gary Boone dari Texas Instruments. Boone merancang IC yang dapat menampung hampir semua komponen yang membentuk kalkulator, hanya layar dan keypad yang tidak dimasukkan. TI menawarkan mikrokontroler ini untuk dijual kepada industri elektronik pada tahun 1983, sebanyak 100 juta IC mikrokontroler TMS 1000 telah dijual.
10. Tahun 1974, beberapa pabrik IC menawarkan mikroprosesor dan pengendali menggunakan mikroprosesor. Mikroprosesor yang ditawarkan pada saat itu yaitu Intel 8080, 8085, Motorola 6800, Signetics 6502, Zilog Z80, Texas Instruments 9900 (16 bit).
11. Tahun 1975, mikrokontroler PIC dikembangkan dan dibuat pertama kali di Universitas Harvard. PIC mulai diperkenalkan kepada publik oleh Microchip pada tahun 1985. PIC merupakan kependekan dari *Peripheral*

Interface Controller atau bisa juga kependekan dari *Programmable Intelligent Computer*.

12. Tahun 1976, dibuat Intel 8048, yang merupakan mikrokontroler intel pertama.
13. Tahun 1978, mikroprosesor 16 bit menjadi lebih umum digunakan yaitu Intel 8086, Motorola 68000 dan Zilog Z8000. Sejak saat itu pabrikan mikroprosesor terus mengembangkan mikroprosesor dengan berbagai keistimewaan dan arsitektur. Mikroprosesor yang dikembangkan termasuk mikroprosesor 32 bit seperti Intel Pentium, Motorola DragonBall, dan beberapa mikrokontroler yang menggunakan ARM (*Advanced RISC Machine Ltd*) core.
14. Tahun 1980, Intel 8051 atau lebih dikenal dengan keluarga mikrokontroler yang paling populer. Vendor lain yang mengadopsi mikrokontroler Intel 8051 yaitu : Philips, Siemens, Atmel ATMEL juga membuat Mikrokontroler MCS 51 yaitu mikrokontroler Atmel seri AT89xxx, misalnya : AT89S51 dan AT89S52.
15. Tahun 1996, Atmel AVR adalah salah satu keluarga mikrokontroler pertama yang menggunakan *on-chip flash memory* untuk penyimpanan program.

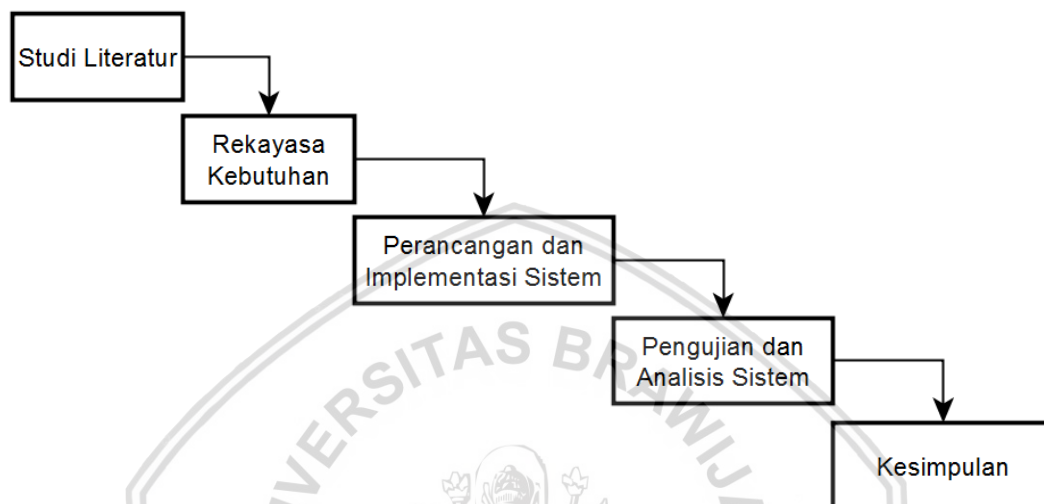
2.2.7 Aktuator

Aktuator dalam pengertian listrik adalah setiap alat yang mengubah sinyal listrik menjadi gerakan mekanis. Biasa digunakan sebagai proses lanjutan dari keluaran suatu proses olah data yang dihasilkan oleh suatu sensor atau kontroler. Jenis – jenis aktuator terdiri dari 3 jenis pokok :

1. Aktuator listrik
Aktuator listrik/elektrik merupakan aktuator yang mempunyai prinsip kerja mengubah sinyal elektrik menjadi gerakan mekanik.
2. Aktuator Hidrolik
Aktuator hidrolik merupakan aktuator yang memanfaatkan aliran fluida/oli bertekanan menjadi gerakan mekanik. Sama seperti halnya pada sistem Pneumatik, aktuator hidrolik dapat berupa silinder tapi inputannya hidrolik.
3. Aktuator Pneumatik
Aktuator pneumatic adalah aktuator yang memanfaatkan udara bertekanan menjadi gerakan mekanik. Dengan memberikan udara bertekanan pada sisi permukaan piston sesuai dengan gerak pistonnya.

BAB 3 METODOLOGI

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini melalui beberapa tahapan meliputi studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, analisis hasil serta dilanjutkan dengan penarikan kesimpulan. Tahapan-tahapan tersebut diilustrasikan dengan menggunakan diagram alir metodologi penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.1 Studi Literatur

Pada bagian ini akan mempelajari mengenai pengertian dan penjelasan dari dasar teori yang digunakan dalam penulisan. Dasar teori yang digunakan dalam tahapan studi literatur ini berasal dari buku, jurnal, website resmi, artikel, serta e-book. Beberapa literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : Ikan Gurame serta Teknik Budidaya Ikan Gurame, Sistem Kendali Otomatis, Logika Fuzzy, Sensor, Mikrokontroler dan Aktuator.

3.2 Rekayasa Kebutuhan

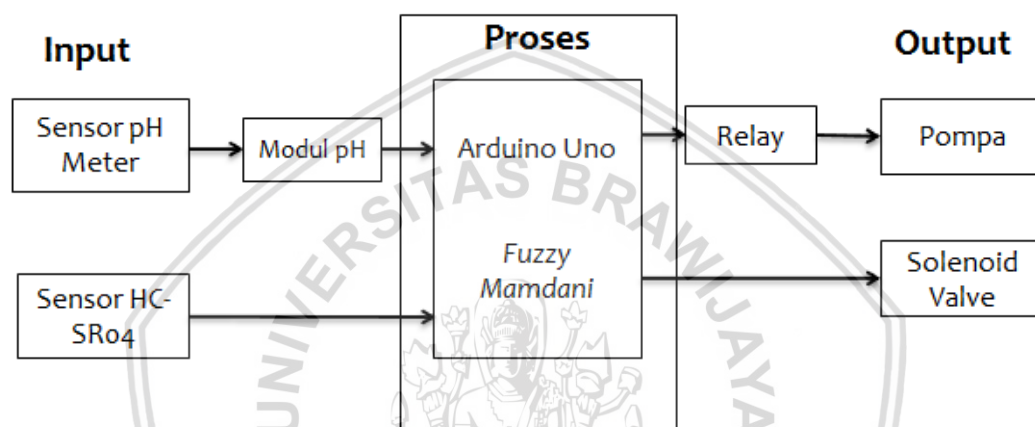
Rekayasa kebutuhan digunakan untuk menganalisis apa saja yang dibutuhkan selama penelitian sehingga sistem akan berjalan sesuai seperti apa yang diharapkan. Dalam rekayasa kebutuhan akan dibahas mulai dari gambaran umum sistem, kebutuhan sistem hingga batasan desain sistem. Gambaran umum sistem akan membahas alur kerja sistem, kebutuhan sistem akan membahas kebutuhan perangkat keras, kebutuhan perangkat lunak, kebutuhan fungsional dan kebutuhan non-fungsional.

3.3 Perancangan dan Implementasi Sistem

Perancangan dan implementasi sistem menjelaskan mengenai proses perancangan dan implementasi sistem secara terperinci baik perancangan dan implementasi dari sisi perangkat keras maupun dari sisi perangkat lunak.

3.3.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan setelah didapat semua kebutuhan melalui analisis kebutuhan pada subbab sebelumnya. Perancangan sistem dilakukan dengan perancangan secara sistematis pada perangkat keras dan perancangan pada perangkat lunak. Perancangan sistem hardware berisi tersusunnya rangkaian sistem secara utuh. Pada perancangan perangkat lunak berisi tersusunnya perancangan pengambilan data sensor, perancangan metode fuzzy mamdani dan perancangan program utama sistem. Semua perancangan perangkat lunak dilakukan dalam kode program Arduino IDE yang diinterpretasikan pada mikrokontroler Arduino Uno. Gambaran perancangan sistem dapat dilihat pada diagram blok pada gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem

3.3.2 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan sesuai dengan perancangan sistem dan kebutuhan sistem yang sudah dibuat sebelumnya. Pada implementasi juga mencantumkan gambar sistem yang dibuat serta potongan-potongan bahasa pemrograman yang digunakan. Implementasi sistem memiliki beberapa langkah-langkah tahapan yang perlu dilakukan. Tahap implementasi sistem diawali perangkat keras dengan terhubungnya 2 buah sensor, 1 buah mikrokontroler dan 2 buah aktuator lalu ditempatkan tidak jauh dari kolam ikan gurame dan aman. Selanjutnya implementasi sistem perangkat lunak yang semuanya dilakukan didalam Arduino IDE. Pada Arduino IDE program-program sistem dibuat antara lain, implementasi kode program pengambilan data sensor, implementasi kode program fuzzy mamdani dan implementasi kode program utama sistem.

3.5 Pengujian dan Analisis Sistem

Pengujian dan analisis sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja dan performa keseluruhan sistem yang telah dirancang. Terdapat 3 pengujian sistem dalam penelitian ini, yaitu :

1. Pengujian tingkat keakuratan pembacaan sensor.
2. Pengujian performa metode fuzzy mamdani pada sistem pengontrolan derajat keasaman secara otomatis pada kolam ikan gurame.

3. Pengujian waktu komputasi pemrosesan sistem.

3.6 Kesimpulan

Kesimpulan merupakan tahap akhir setelah semua tahap pada metodologi penelitian ini dilaksanakan. Kesimpulan diambil dari hasil pengujian dan analisis terhadap sistem yang telah dilakukan. Isi dari kesimpulan dituliskan secara singkat dan jelas. Selain itu, pada akhir penulisan terdapat juga saran untuk penelinitian selanjutnya, untuk menambahkan perangkat keras, perangkat lunak ataupun mengganti metode yang digunakan agar sistem lebih sempurna.



BAB 4 REKAYASA KEBUTUHAN

Pada bab ini akan menjelaskan secara rinci terkait gambaran umum sistem analisis kebutuhan kebutuhan, kebutuhan fungsional, kebutuhan non-fungsional, kebutuhan perangkat keras, kebutuhan perangkat lunak dan batasan desain sistem.

4.1 Gambaran Umum Sistem

Pengontrolan keasaman (pH) air secara otomatis ini adalah mengatur nilai optimum nilai derajat keasaman (pH) sesuai kebutuhan untuk ikan gurame tanpa harus dikendalikan oleh *user*, dimana sistem ini mengukur derajat keasaman (pH), dan ketinggian air (water level) yang akan diproses oleh mikrokontroller Arduino Uno untuk melakukan perintah terhadap pompa air dan solenoid valve. Dalam sistem ini menggunakan aktuator pompa dan solenoid valve, pompa digunakan untuk menurunkan nilai derajat keasaman pada kolam dan solenoid valve untuk menaikkan. Pompa dan solenoid valve dipilih sebagai aktuator dalam sistem ini karna mendukung tempat implementasi yang tersedia. Jika derajat keasaman (pH) air pada kolam berada dibawah nilai optimum untuk ikan gurame maka solenoid valve akan terbuka dengan tujuan untuk mengembalikan lagi nilai derajatt keasaman (pH) air hingga berada pada nilai optimum yang dibutuhkan oleh ikan gurame.

Pada sistemvini dirancang dengan menggunakan metode *fuzzy mamdani* yang mana terdapat 2 *input* sebagai parameter yaitu sensor pH meter untuk mengukur derajat keasaman (pH) air dan sensor ultrasonik untuk mengukur kondisi level air. Pada derajat kesaman (pH) air terdapat 3 kondisi yaitu kondisi *low*, *normal* dan *high*, sedangkan pada sensor untrasonik terdapat 2 kondisi yaitu *low* dan *normal*.

4.2 Kebutuhan Sistem

Kebutuhan sistem dilakukan untuk menggali semua kebutuhan yang diperlukan untuk sistem Pengontrolan derajat keasman ini. Dalam melakukan analisis kebutuhan sistem terdiri atas beberapa kebutuhan yang diperlukan dan akan dijabarkan.

4.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Guna mendukung implementasi pembuatan sistem dari sisi perangkat keras maka diperlukan beberapa alat yang dijelaskan berikut ini :

4.2.1.1 Sensor Keasaman Air (pH) Meter SEN0161

pH meter terbuat dari membran kaca yang sensitif. Dapat digunakan dalam berbagai pengukuran pH dengan respon yang cepat dan stabil. Nilai pH antara 0 – 14 pH, tegangan keluaran dari elektroda adalah linier. Sistem ini terdiri dari jembatan gel elektrolit garam Ag / AgCl sehingga memiliki potensi sangat baik untuk anti-polusi performance. Cincin membran PTFE-sel setengah stabil tidak mudah menjadi tersumbat, sehingga eletroda cocok untuk deteksi secara online jangka panjang. Elektroda yang terbuat dari PH kaca elektroda dan perak /

silver referensi klorida komposisi elektroda, PH mengukur elemen yang digunakan untuk mengukur larutan air nilai PH.



Gambar 4.1 Sensor pH Meter SEN0161

Sumber : (<http://www.dfrobot.com>)

Tabel 4.1 Nilai Derajat Keasaman Air (pH)

VOLTAGE (mV)	Nilai pH	VOLTAGE (mV)	Nilai pH
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Sumber : (<http://www.dfrobot.com>)

4.2.1.2 Modul pH sensor

Modul pH meter di rancang khusus untuk Kontroller Arduino. Dengan menggunakan elektroda industri dan mudah dirangkai, nyaman, koneksi praktis dan panjang umur, sangat cocok untuk pemantauan online. Untuk cara menggunakannya, hanya menghubungkan sensor pH dengan arduino dimana port keluaran data pada pH meter dihubungkan dengan arduino sebagai masukkan data pada port analog. Lalu VCC terhubung dengan VCC dan Ground terhubung dengan Ground.

Modul pH meter memiliki peranan penting sebagai penghubung antara sensor pH meter dengan Kontroler Arduino. Dengan adanya modul pH meter sensor pH bisa terbaca dan dikenali nilai dari data yang dikirim sensor pH meter untuk Kontroler Arduino.



Gambar 4.2 Modul pH Sensor

Sumber : (<http://www.dfrobot.com>)

4.2.1.3 Sensor Ultrasonik

Sensor Ultrasonik adalah sensor yang dapat mendeteksi gelombang 26ltrasonic, yaitu gelombang suara yang memiliki frekuensi 26ltrasonic atau frekuensi di atas kisaran frekuensi pendengaran manusia. Umumnya Sensor Ultrasonik bersifat ganda: Sifat pertama adalah mendeteksi gelombang 26ltrasonic; Dan sifat kedua adalah sebaliknya, yaitu menghasilkan gelombang 26ltrasonic.

Prinsip kerja sistem pengukuran berbasis Sensor Ultrasonik melakukan pengukuran pada sifat-sifat fisik gelombang suara utamanya pada 'cepat-rambat', 'pemantulan', dan 'efek Doppler' gelombang suara.

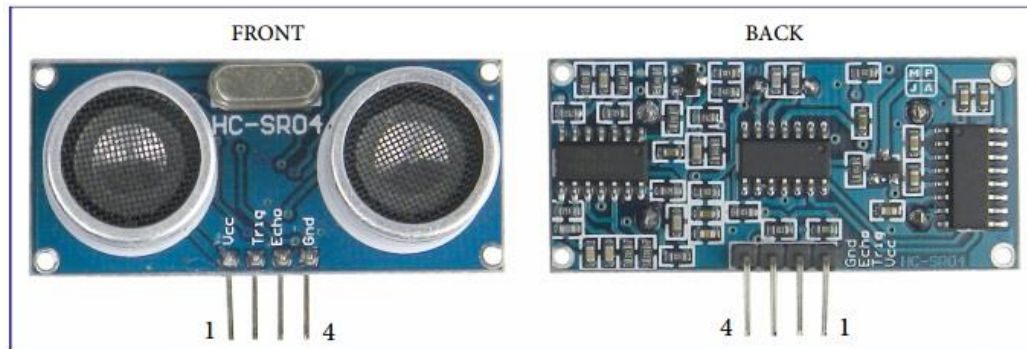
Pengukuran yang berbasis Sensor Ultrasonik bersifat non-destruktif atau tidak merusak, karena saat proses pengukuran tidak diperlukan kontak fisik antara sensor dengan objek. Pengukuran ini dapat mendeteksi target yang bening atau mengkilap yang tidak terdeteksi oleh sensor berbasis cahaya. Tetapi di sisi lain, pengukuran ini sangat sensitif terhadap suhu dan sudut dari target.

4.2.1.4 Sensor Ultrasonik HC-SR04

HC-SR04 adalah Sensor Ultrasonik yang memiliki dua elemen, yaitu elemen Pendeteksi gelombang ultrasonik, dan juga sekaligus elemen Pembangkit gelombang ultrasonik. Sensor Ultrasonik adalah sensor yang dapat mendeteksi gelombang ultrasonik, yaitu gelombang suara yang memiliki frekuensi ultrasonik atau frekuensi di atas kisaran frekuensi pendengaran manusia.

Sensor HC-SR04 (Ultrasonic Sensor) ini, fungsi transfer adalah korelasi antara nilai besaran fisis jarak objek dengan sensor terhadap durasi-rambat gelombang yang dihitung. HC-SR04 adalah Sensor Ultrasonik yang memiliki dua elemen, yaitu elemen Pendeteksi gelombang ultrasonik, dan juga sekaligus

elemen Pembangkit gelombang ultrasonik.Cepat-rambat gelombang ultrasonik atau biasa dikenal dengan kecepatan suara di udara.



Gambar 4.3 Sensor Ultrasonik Tipe HC-SR04

Sumber : (depokistruments.com, 2016)

Types	Pin Symbol	Pin Function Description
HC-SR04	VCC	5V power supply
	Trig	Trigger pin
	Echo	Receive pin
	GND	Power ground

Gambar 4.4 Module Pin Sensor Ultrasonik Tipe HC-SR04

Sumber : (elecfreaks.com, 2016)

4.2.1.4 Arduino

Arduino merupakan rangkaian elektronik yang bersifat open source, serta memiliki perangkat keras dan lunak yang mudah untuk digunakan. Arduino dapat mengenali lingkungan sekitarnya melalui berbagai jenis sensor dan dapat mengendalikan lampu, motor, dan berbagai jenis aktuator lainnya. Arduino mempunyai banyak jenis, di antaranya Arduino Uno, Arduino Mega 2560, Arduino Fio, dan lainnya.

4.2.1.5 Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega 328. *Board* ini memiliki 14 digital *input* / ouput *pin* (dimana 6 *pin* dapat digunakan sebagai ouput PWM), 6 *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack* listrik dan tombol reset. *Pin – pin* ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tekanan bisa didapat dari adaptor AC – DC atau baterai untuk menggunakannya (Arduino, Inc., 2009).

Board Arduino Uno memiliki fitur – fitur baru sebagai berikut :

- Pinout : menambahkan SDA dan SCL pin yang dekat ke pin aref dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin RESET, dengan I/O REF yang memungkinkan sebagai buffer untuk beradaptasi dengan tegangan yang

disediakan dari board sistem. Pengembangannya, sistem akan lebih kompatibel dengan prosesor yang menggunakan AVR, yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino karena beroperasi dengan 3,3V. Yang kedua adalah pin yang tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan pengembangannya.

- Sirkuit reset
- ATmega 16U2 ganti 8U yang digunakan sebagai konverter USB-to-serial.



Gambar 4.5 Board Arduino Uno

Sumber : (<http://www.arduino.cc>)

4.2.1.5 Relay

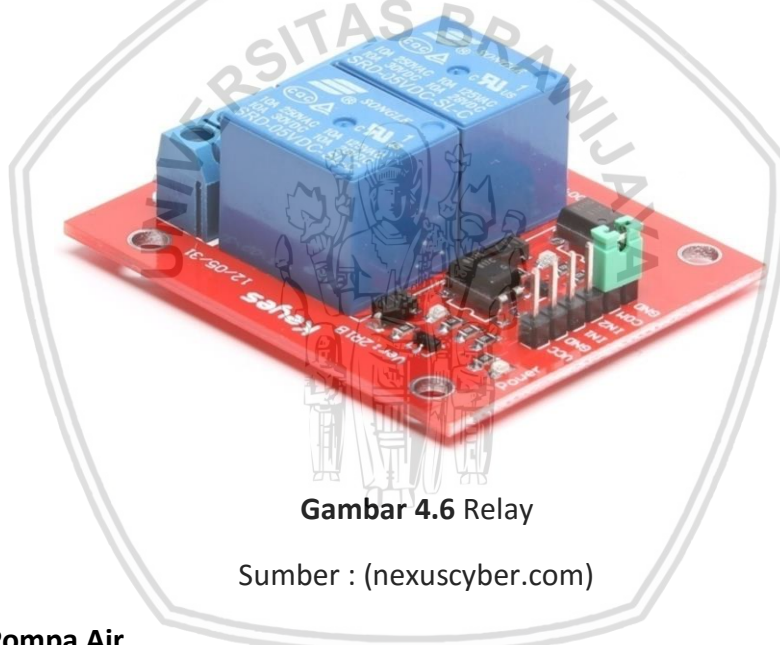
Relay adalah saklar mekanik yang dikendalikan atau dikontrol secara elektronik (elektro magnetik). Saklar pada relay akan terjadi perubahan posisi OFF ke ON pada saat diberikan energi elektro magnetik pada *armature* relay tersebut. Relay pada dasarnya terdiri dari 2 bagian utama yaitu saklar mekanik dan sistem pembangkit elektromagnetik (induktor inti besi). saklar atau kontaktor relay dikendalikan menggunakan tegangan listrik yang diberikan ke induktor pembangkit magnet untuk menarik *armature* tuas saklar atau kontaktor relay.

Relay dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus interface antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem power supplynya. Secara fisik antara saklar atau kontaktor dengan elektromagnet relay terpisah sehingga antara beban dan sistem kontrol terpisah.

Relay elektro mekanik memiliki kondisi saklar atau kontaktor dalam 3 posisi. Ketiga posisi saklar atau kontaktor relay ini akan berubah pada saat relay mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya. Ketiga posisi saklar relay tersebut adalah :

1. **Posisi Normally Open (NO)**, yaitu posisi saklar relay yang terhubung ke terminal NO (Normally Open). Kondisi ini akan terjadi pada saat relay mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya.
2. **Posisi Normally Close (NC)**, yaitu posisi saklar relay yang terhubung ke terminal NC (Normally Close). Kondisi ini terjadi pada saat relay tidak mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya.
3. **Posisi Change Over (CO)**, yaitu kondisi perubahan armatur saklar relay yang berubah dari posisi NC ke NO atau sebaliknya dari NO ke NC. Kondisi ini terjadi saat sumber tegangan diberikan ke elektromagnet atau saat sumber tegangan diputus dari elektromagnet relay.

Relay Modul 2 Channel 5V menyediakan 2 input optik terisolasi yang menerima berbagai macam tegangan, termasuk 3VDC dan 5VDC sinyal yang tersedia pada Arduino. Ini adalah cara yang bagus untuk mengaktifkan atau menonaktifkan AC atau DC beban menggunakan Arduino.



Gambar 4.6 Relay

Sumber : (nexuscyber.com)

4.2.1.6 Pompa Air

Pompa adalah salah satu peralatan yang dipakai untuk mengubah energi mekanik (dari mesin penggerak pompa) menjadi energi tekan pada cairan yang dipompa. Pada umumnya pompa digunakan untuk memindahkan air dari suatu tempat ke tempat yang lain yang lebih tinggi tempatnya, ataupun tekananya. Pada prinsipnya, pompa mengubah energi mekanik motor menjadi aliran fluida. Energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui. Dalam tugas akhir ini, pompa yang akan digunakan adalah pompa aquarium yang difungsikan sebagai penyuplai air kedalam penampung air.



Gambar 4.7 Pompa Air

4.2.1.7 Solenoid Valve

Solenoid Valve merupakan kran otomatis dengan gerakan membuka atau menutup kran (valve) yang diatur oleh sistem control. Solenoid Valve adalah suatu alat kontrol yang berfungsi untuk membuka dan menutup valve/katup/kran secara otomatis. Kapan solenoid valve membuka dan menutup kran ini tergantung dari sensor yang menghubungkan sumber penggeraknya. Solenoid valve merupakan bagian dari suatu sistem kontrol. Secara umum sistem kontrol dibagi menjadi 3 bagian :

1. Sensor yang merupakan alat untuk menerima sinyal dari sistem kontrol merupakan parameter yang akan diukur seperti temperatur, tekanan (pressure) dari objek yang akan dikontrol.
2. Controller merupakan alat/bagian yang akan memberikan perintah solenoid valve atau control valve untuk melakukan tindakan membuka dan menutup valve (kran).
3. Control Valve atau Solenoid Valve yang merupakan bagian terakhir dari sistem kontrol untuk melakukan tindakan membuka atau menutup.

Sumber penggerak solenoid valve bermacam-macam bisa dengan udara yang biasa disebut pneumatic, listrik (electric) atau gabungan udara dan listrik (pneumatic electric). Solenoid valve merupakan sebuah komponen pneumatik yang bekerja berdasarkan input tegangan dan arus, yang mana saat solenoid ini bekerja tegangan yang diterima pada solenoid-nya kurang lebih 24 volt dengan syarat tidak ada pembebanan dan arus yang diterima kurang lebih 0,2 ampere. Jadi berdasarkan data tersebut solenoid dapat menjadi suatu input yang dapat merubah keadaan switch bagian dalam dari valve dengan menggunakan

tegangan dan arus tersebut bukan lagi menggunakan input trigger tekanan pneumatik.



Gambar 4.8 Solenoid Valve

4.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Pada bagian ini terdapat kebutuhan perangkat lunak yang dibutuhkan oleh sistem antara lain :

1. Arduino IDE versi 1.8.5
Merupakan perangkat lunak yang berfungsi sebagai editor untuk menuliskan kode program, *compile* serta *upload* program ke arduino board agar dapat berfungsi sebagai kontroler I/O sebuah sistem. Bahasa yang digunakan adalah bahasa khusus arduino IDE yang mirip dengan bahasa C. Selain itu pada Arduino IDE ini terdapat fitur *library* yang berguna memudahkan dalam membuat program.
2. *Fuzzy Mamdani*
Melakukan perhitungan dengan metode *Fuzzy Mamdani* untuk menentukan berapa banyak air yang akan tambahkan kedalam kolam ikan gurame. Alasan digunakannya metode fuzzy mamdani karena *fuzzy mamdani* memiliki tingkat error yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan metode *tsukamoto* dan *sugeno* berdasarkan jurnal yang ditulis oleh Laras Purwati Ayuningtias (Ayuningtias, 2017).
3. Windows 10 Enterprise
Perangkat lunak yang berfungsi sebagai sistem operasi pada perangkat PC atau Laptop yang dipakai dalam penelitian untuk melakukan perancangan sistem yaitu untuk menjalankan Arduino IDE. Juga terdapat beberapa sistem operasi yang didukung diantaranya windows 7, Windows 8, Windows 10 dan juga Linux. Pada penelitian ini peneliti menggunakan Windows 10 sebagai sistem operasi pada perangkat laptop yang digunakan karena dapat menjalankan aplikasi Arduino IDE tanpa adanya kendala.

4.2.3 Kebutuhan Fungsional

Berikut ini adalah fungsional yang harus mampu dilakukan oleh sistem :

1. Sensor pH dapat membaca nilai derajat keasaman (pH) air yang dideteksi pada kolam ikan gurame.
Sensor pH meter SEN0161 bertugas untuk membaca dan mengakuisisi nilai derajat keasaman (pH) dari air dalam kolam ikan gurame yang dideteksi.
2. Sensor Ultrasonik dapat membaca ketinggian air dalam kolam ikan gurame yang dideteksi.
Sensor ultrasonik HC-SR04 bertugas untuk membaca dan mengakuisisi ketinggian air dalam kolam dengan satuan cm.
3. Fungsi kontrol logika *fuzzy mamdani*.
Pada fungsional ini bertugas untuk melakukan proses penentuan air dalam satuan liter dengan menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* berdasarkan input yang diperoleh dari pembacaan kedua sensor.

4.2.4 Kebutuhan Non Fungsional

Kebutuhan non fungsional dari sistem ini akan membahas tentang apa saja yang akan menjadi batasan dalam perancangan sistem. Kebutuhan non-fungsional tersebut antara lain :

1. Kolam ikan gurame
Tersedianya kolam ikan gurame merupakan kebutuhan yang harus ada untuk kelangsungan sistem yang akan dibuat oleh penulis.
2. Air
Air dibutuhkan sebagai hal utama dan paling mendasar dalam sistem ini. Karena air merupakan habitat ikan gurame untuk hidup.

4.3 Batasan Desain Sistem

Dalam pembuatan Sistem Pengontrolan Derajat Keasaman (pH) air ini terdapat beberapa batasan sehingga lingkup pembahasan, perancangan, maupun pengimplementasiannya tidak terlalu luas. Adapun batasan-batasan desain sistem ini adalah sebagai berikut :

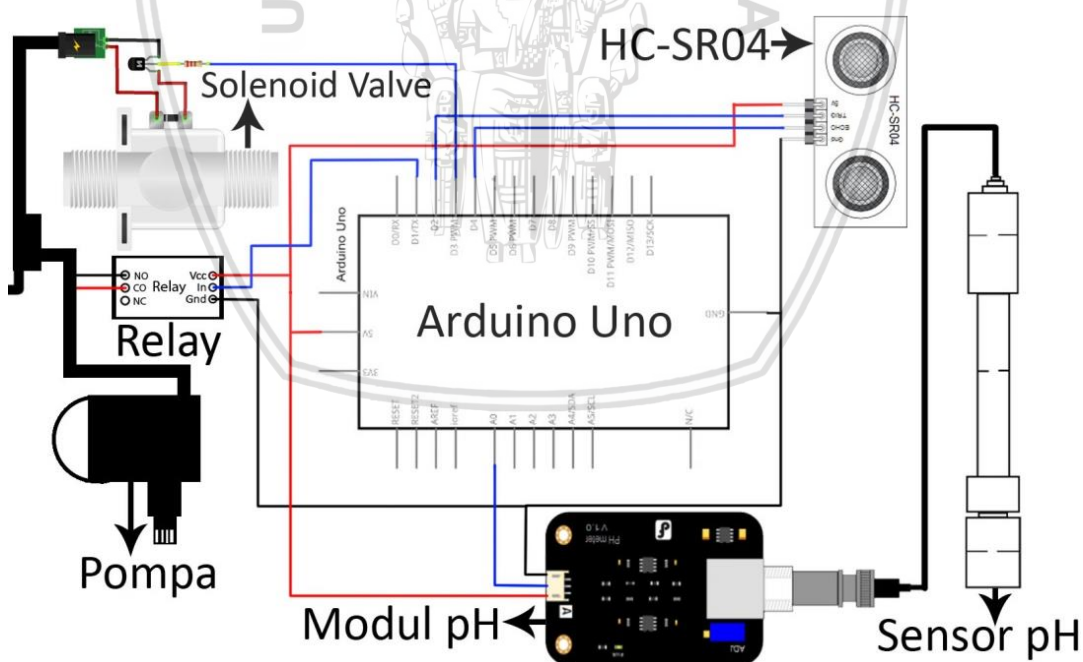
1. Sistem yang dibuat menggunakan metode fuzzy mamdani.
2. Sistem yang dibuat dapat mengontrol tinggi rendah derajat keasaman air pada kolam ikan gurame dan melakukan tindakan agar nilai derajat keasaman (pH) kembali berada pada nilai optimum yang dibutuhkan oleh ikan gurame.
3. Data yang diambil oleh sistem tertanam adalah data tinggi rendah derajat keasaman (pH) air.
4. Perangkat sistem tertanam yang digunakan adalah mikrokontroler arduino Uno.
5. Untuk pengukuran LOW, NORMAL, atau HIGH menggunakan Sensor pH Meter SEN0161.
6. Fokus pada air yang dibutuhkan ikan gurame sebagai objek dalam penelitian ini.

membaca slalu nilai derajat keasaman (pH). Sedangkan sensor HC-SR04 berada diatas kolam dan menghadap kedalam kolam yang berisi air.

Pada bagian suku cadang air terbagi menjadi dua bagian dengan rician cairan pH Up yang berisikan air sumur dengan nilai pH diatas 7 lalu untuk pengontrolan cairan pH Up ini menggunakan aktuator solenoid valve dan pH Down yang berisikan air endapan ujan dengan nilai pH dibawah 6,5 lalu untuk pengontrolan cairan pH Down ini menggunakan aktuator pompa yang terhubung langsung dengan relay. Aktuator pompa dan solenoid valve dipilih karena mendukung tempat implemetasi yang tersedia.

5.1.2 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dilakukan beradasarkan analisis kebutuhan perangkat keras serta spesifikasi dari masing – masing dari perangkat keras agar dapat mebangun sistem sesuai dengan apa yang diharapkan. Perancangan perangkat keras ini menjabarkan secara rinci hubungan skematik pin – pin yang digunakan antara tiap komponen perangkat keras, dimana dalam hal ini sensor pH meter SEN0161 dan sensor HC-SR04 merupakan input dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengolah data sehingga hasil olahan datanya dapat menghasilkan output yang sesuai dengan kebutuhan kolam. Skematik diagram perancangan perangkat keras sistem Pengontrolan Derajat Keasaman (pH) air ini ditunjukkan pada gambar 5.2.



Gambar 5.2 Diagram Skematik Sistem

Pada diagram skematik diatas terlihat bagaimana susunan rangkaiannya. Lalu akan dijelaskan secara rinci dimulai dari rangkaian sensor pH meter SEN0161 dengan arduino uno dijelaskan terkait koneksi antar pinnya pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Keterangan Koneksi Pin Modul pH Meter dengan Arduino Uno

Pin pH Meter SEN0161	Pin Arduino Uno
To	-
Do	-
Po	A0
Ground	Ground
Vcc	Vcc

Tabel 5.1 menunjukkan sambungan antar pin sensor pH Meter SEN0161 dengan arduino Uno secara terperinci. Pada sistem ini menggunakan *module* sensor pH meter v1.1 yang mempunyai 5 Pin diantaranya A0, D0, P0, GND, dan Vcc. Pada sistem ini kita hanya menggunakan P0 sebagai output dari pembacaan data dari sensor pH meter sehingga didapat pin P0 dihubungkan dengan pin A0 pada arduino uno, kemudian pin Vcc dihubungkan dengan pin 5V pada arduino dan pin GND digunakan hanya satu diantaranya saja lalu dihubungkan dengan GND pada arduino uno. Pin Po pada modul pH meter dihubungkan dengan A0 dikarenakan data yang dikirim dari modul berupa data analog sehingga dihubungkan juga dengan pin anaalog yang berada pada arduino uno.

Tabel 5.2 menunjukkan sambungan antar pin dari sensor ultrasonik HC-SR04 dengan arduino uno secara detail Sensor ultrasonik memiliki masing-masing dua pin VCC dan GND yang dihubungkan langsung ke pin Vcc dan GND pada arduino uno Selanjutnya untuk kedua pin keluaran dari sensor ini dihungkan dengan pin digital pada arduino yaitu pin trigger terhubung dengan pin 2, dan pin Echo terhubung dengan pin 4.

Tabel 5.2 Keterangan Koneksi Pin Sensor HC-SR04 dengan Arduino Uno

Pin Sensor Ultrasonik HC-SR04	Pin Arduino Uno
Vcc	Vcc
Trig	2
Echo	4
Ground	Ground

Tabel 5.3 menunjukkan sambungan antar pin dari Relay dengan arduino uno secara terperinci. Pada sistem ini menggunakan relay sebagai penghubung antara Arduino uno dengan pompa dimana arduino akan mengirimkan data berupa ON atau OFF kepada relay lalu relay memberi perintah ON atau OFF pada pompa. Relay memiliki beberapa Pin diantaranya Pin Vcc dihubungkan dengan pin Vcc pada arduino, pin GND dihubungkan dengan pin GND pada Arduino, dan pin IN1 dihubungkan pada pin 1 arduino uno.

Tabel 5.3 Keterangan Koneksi Pin Relay dengan Arduino Uno

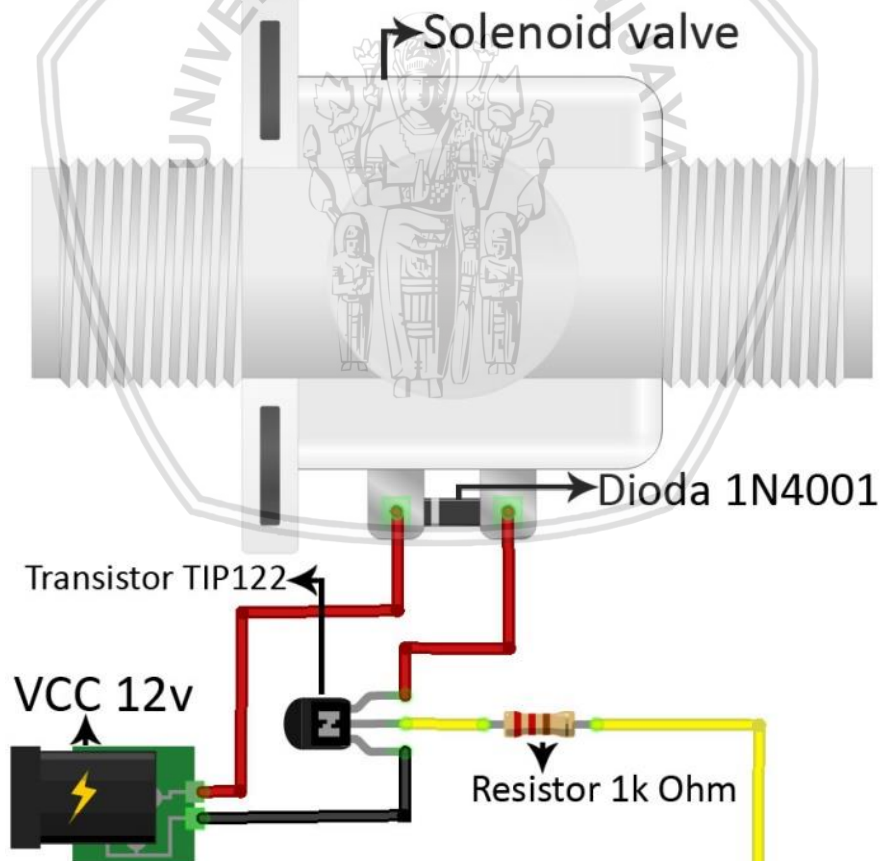
Pin Relay	Pin Arduino Uno
Vcc	Vcc
IN1	1
Ground	Ground

Tabel 5.4 menunjukkan sambungan antar pin dari solenoid valve dengan arduino uno secara terperinci. Pada sistem ini menggunakan solenoid valve sebagai aktuator untuk cairan pH Up. Solenoid valve dipilih karena mendukung tempat implementasi yang tersedia. Solenoid valve adalah kran automatic yang dapat menerima nilai 1 (open) dan 0 (close), solenoid valve memiliki beberapa Pin diantaranya Pin Vcc dihubungkan dengan pin Vcc pada adaptor 12v, pin GND dihubungkan dengan pin GND pada adaptor 12v, dan pin Data dihubungkan pada pin 3 arduino uno.

Tabel 5.4 Keterangan Koneksi Pin Solenoid Valve dengan Arduino Uno

Pin Solenoid Valve	Pin Arduino Uno
Vcc	Vcc
Data	3
Ground	Ground

Solenoid valve yang penulis gunakan menggunakan solenoid valve 12v sehingga solenoid valve tidak bisa terhubung langsung dengan arduino uno melainkan menambahkan beberapa komponen hingga penambahan sumber tegangan. Berikut ini adalah diagram skematiknya :



Gambar 5.3 Diagram Skematik Solenoid Valve

Pada gambar 5.3 terlihat beberapa tambahan komponen agar solenoid valve bisa terhubung dan bisa diberi perintah dengan arduino uno. Penambahan

komponen meliputi tegangan tambahan sebesar 12v, transistor npn jenis TIP122, dioda 1N4001 dan resistor 1k Ohm.

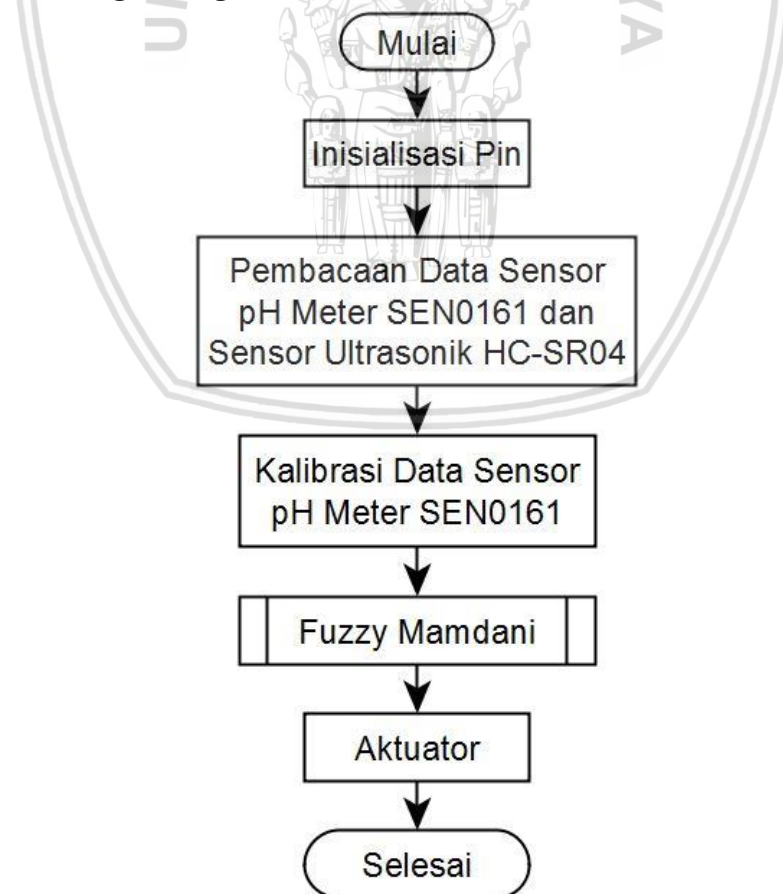
Transistor npn menggunakan jenis TIP122 karena bisa menangani arus tinggi. Dioda membantu menghilangkan tegangan transien yang disebabkan ketika gumparan magnetik tiba-tiba kehilangan daya, tanpa dioda bisa merusak elemen lain dari rangkaian. Resistor 1k Ohm digunakan pada base transistor sebelum terhubung langsung dengan arduino. Fungsi resistor disini untuk membatasi arus, karena jika tidak transistor akan mudah panas.

5.1.3 Perancangan Perangkat Lunak

Pada sub-bab perancangan perangkat lunak dibagi menjadi 2 pembahasan, yakni perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler untuk mengambil data sensor yang akan diolah serta perancangan perangkat lunak untuk melakukan proses penentuan dengan metode *Fuzzy Mamdani*.

Dalam perancangan sistem ini dibutuhkan proses kalibrasi terlebih dahulu untuk sensor pH meter SEN0161. Proses kalibrasi dilakukan guna pembacaan data dalam sensor sesuai dengan nilai yang sebenarnya. Pada sensor pH meter SEN0161 membutuhkan air dengan kandungan pH 4,0 dan pH 9,0 untuk proses kalibrasi.

5.1.3.1 Perancangan Program Utama Sistem

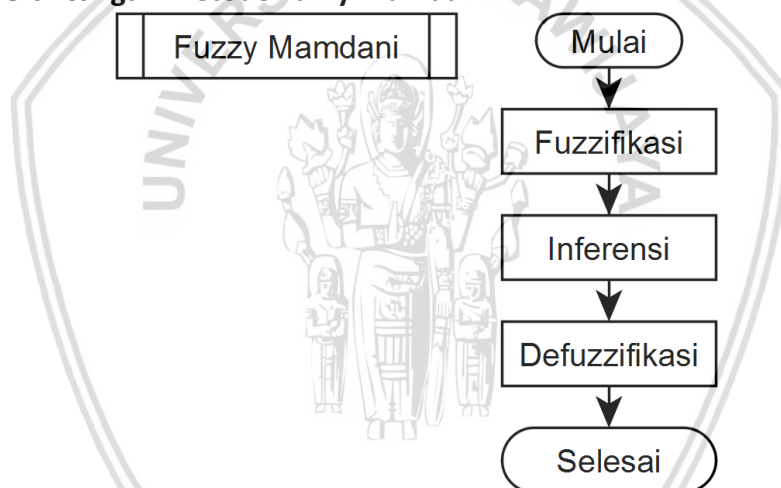


Gambar 5.4 Diagram alir perancangan program utama sistem

Proses perancangan perangkat lunak untuk program utama sistem ditunjukkan pada Gambar 5.4 diatas, hal ini dimaksudkan untuk menentukan hasil pembacaan data sensor yang akan diolah dengan metode penyelesaian menggunakan fuzzy mamdani, karena pada dasarnya mikrokontroler akan melakukan pembacaan nilai sensor secara terus menerus.

- A. Sistem dimulai dari inialisasi pin pada arduino untuk membedakan mana yang input dan mana yang output.
- B. Pembacaan data sensor dari kedua sensor yaitu sensor pH meter SEN0161 dan sensor Ultrasonik HC-SR04.
- C. Dilakukan proses kalibrasi pada pembacaan sensor pH meter SEN0161 yang dilakukan didalam kode program.
- D. Pemanggilan fungsi *Fuzzy Mamdani*.
- E. Setelah itu didapatkan hasil perhitungan dari *Fuzzy Mamdani* yang menentukan apakah didalam kolam membutuhkan pH Up ataupun pH Down lalu didapat juga berapa banyak liter air yang akan ditambahkan dalam kolam.

5.1.3.2 Perancangan Metode Fuzzy Mamdani



Gambar 5.5 Diagram alir perancangan Metode *Fuzzy Mamdani*

Dalam proses perhitungan *Fuzzy Mamdani* terdapat beberapa tahap sesuai dengan Gambar 5.5. Perancangan sistem dengan menggunakan metode *fuzzy* membutuhkan beberapa proses, yaitu *fuzzifikasi*, *inferensi*, lalu *defuzzifikasi*.

A. *Fuzzifikasi*

Fuzzifikasi merupakan proses pembentukan himpunan dan keanggotaan setiap parameter lalu didapatkan aturan. Himpunan *Fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*. Pembentukan himpunan dilakukan pada setiap parameter dan parameter dalam sistem ini berjumlah tiga (3) dengan penjelasan dua (2) buah parameter berupa data input dari pembacaan sensor yang sudah dikalibrasi dan satu (1) buah parameter berupa output dalam sistem ini adalah air dalam satuan liter. Dua buah sensor sebagai input adalah Sensor pH meter SEN0161 yang

merupakan inti dalam pembuatan sistem ini dan selanjutnya adalah sensor jarak HC-SR04.

1. Himpunan Sensor pH Meter SEN0161

Himpunan dalam sensor pH meter SEN0161 berjumlah 3 himpunan, yaitu Low, Normal, dan High. Dibawah ini merupakan penjelasan himpunannya :

○ Low [0 6,5]

Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[\text{Low}] = \begin{cases} 1, & x < 5,5 \\ \frac{6,5-x}{6,5-5,5}, & 5,5 \leq x \leq 6,5 \\ 0, & x > 6,5 \end{cases} \quad (5.1)$$

○ Normal [6 7,5]

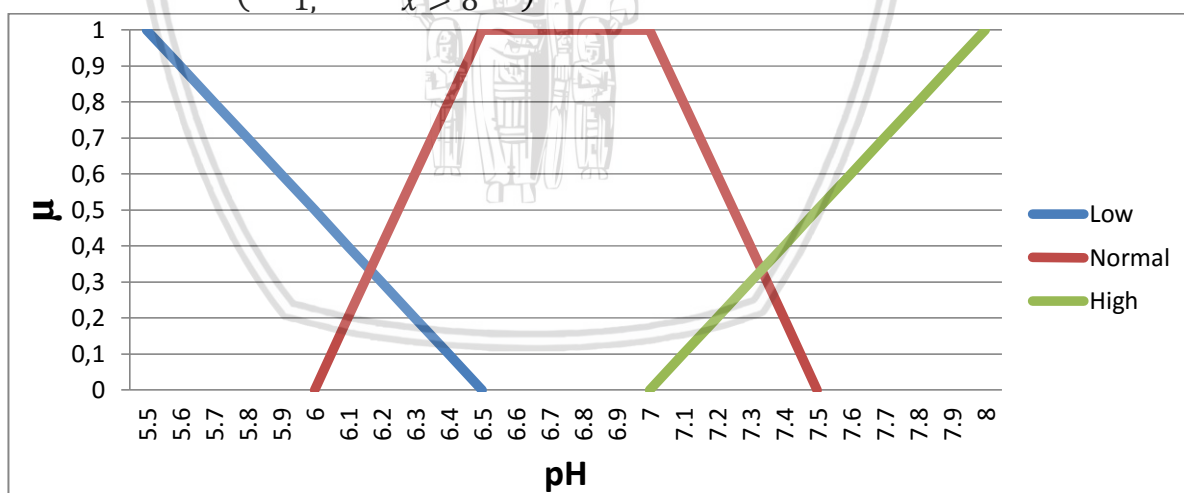
Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[\text{Normal}] = \begin{cases} 0, & x < 6 \\ \frac{x-6}{6,5-6}, & 6 \leq x \leq 6,5 \\ 1, & 6,5 \leq x \leq 7 \\ \frac{7,5-x}{7,5-7}, & 7 \leq x \leq 7,5 \\ 0, & x > 7,5 \end{cases} \quad (5.2)$$

○ High [7 8]

Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[\text{High}] = \begin{cases} 0, & x < 7 \\ \frac{x-7}{7-8}, & 7 \leq x \leq 8 \\ 1, & x > 8 \end{cases} \quad (5.3)$$



Gambar 5.6 Fungsi Himpunan dan Keanggotaan Sensor pH Meter

Menurut Bachtar (2010) ikan gurame mampu bertahan hidup dalam kisaran pH 5,5 hingga 8, namun keadaan ideal untuk budidaya ikan gurame berkisar 6,5 hingga 7. Himpunan low berada dibahu kiri dengan kurva awalnya 5,7 hingga titik kurva akhir 6,7 saya pilih dikarenakan dalam sistem saya menggunakan air hujan untuk menurunkan nilai pH dalam kolam dan pH air hujan berkisar 5,6 hingga 6,7. Data tersebut merupakan data yang diambil dari BADAN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA (BMKG, 2018).

Menurut Bachtar (2010) ikan gurame mampu bertahan hidup dalam kisaran pH 5,5 hingga 8, namun keadaan ideal untuk budidaya ikan gurame berkisar 6,5 hingga 7. Himpunan low berada di bahu kiri dengan kurva awalnya 5,7 hingga titik kurva akhir 6,7 saya pilih dikarenakan dalam sistem saya menggunakan air hujan untuk menurunkan nilai pH dalam kolam dan pH air hujan berkisar 5,6 hingga 6,5. Data tersebut merupakan data yang diambil dari BADAN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA (BMKG, 2018).

Pada himpunan Normal linier naik dimulai dari titik 6 hingga titik 6,5 dan linier turun dimulai dari 7 saya pilih dikarenakan dalam sistem yang saya buat mengontrol pH dalam kisaran 6,5 hingga 7.

Pada himpunan High yang berada di bahu kiri linier naik diulai dari titik 7 hingga 8 saya pilih dikarenakan saya menggunakan air sumur untuk meningkatkan pH dalam kolam lalu air sumur yang memiliki pH diatas 7.

2. Himpunan Sensor Jarak HC-SR04

Himpunan sensor jarak HC-SR04 berjumlah 2 himpunan yaitu Low dan Normal. Dibawah ini merupakan penjelasan himpunannya :

- Low [0 60]

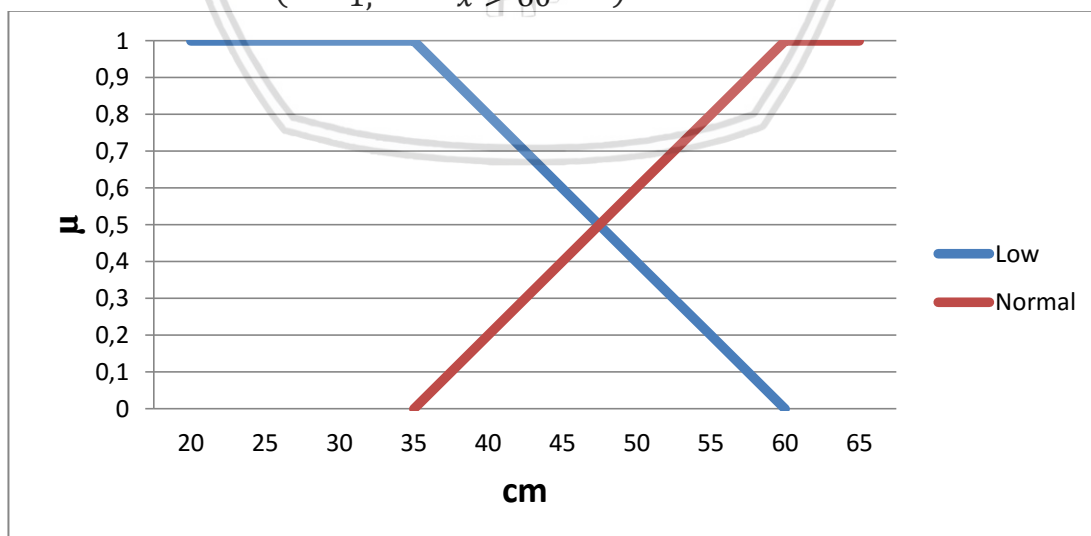
Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[\text{Low}] = \begin{cases} 1, & x < 35 \\ \frac{60-x}{60-35}, & 35 \leq x \leq 60 \\ 0, & x > 60 \end{cases} \quad (5.4)$$

- Normal [35 65]

Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[\text{Normal}] = \begin{cases} 0, & x < 35 \\ \frac{x-35}{60-35}, & 35 \leq x \leq 60 \\ 1, & x > 60 \end{cases} \quad (5.5)$$



Gambar 5.7 Fungsi Himpunan dan Keanggotaan Sensor HC-SR04

Kolam tempat implementasi memiliki tinggi maksimal 60cm dimana jika air melebihi 60cm air akan terbuang secara otomatis. Persilangan antara kedua himpunan Low dan Normal dimulai dari nilai 35 hingga 60 saya pilih dikarenakan didalam budidaya ikan gurame tidak mungkin hanya diisi beberapa ikan dalam kolam. Linier turun himpunan Low dimulai dari nilai 35 dikarenakan jika air berada dibawah 35 cm bisa dianggap terlalu rendah dan ikan akan memiliki sedikit ruang gerak.

3. Himpunan Penambahan Air

Himpunan penambahan air 2 himpunan yaitu sedikit dan banyak. Dibawah ini merupakan penjelasan himpunannya :

- Sedikit [0 800]

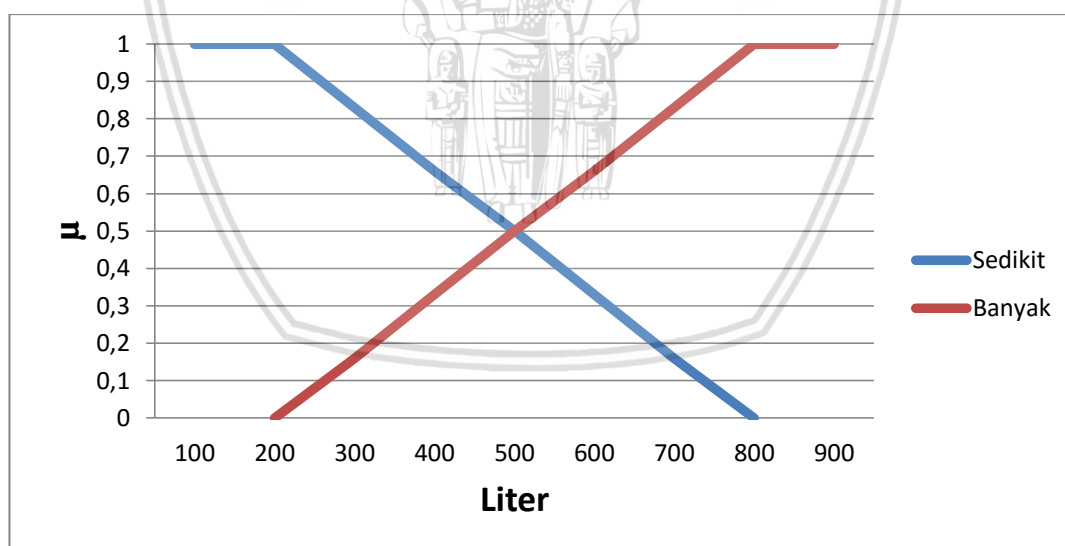
Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[\text{Sedikit}] = \begin{cases} 1, & x < 200 \\ \frac{800-x}{800-200}, & 200 \leq x \leq 800 \\ 0, & x > 800 \end{cases} \quad (5.6)$$

- Banyak [200 800]

Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[\text{Banyak}] = \begin{cases} 0, & x < 200 \\ \frac{x-200}{800-200}, & 200 \leq x \leq 800 \\ 1, & x > 800 \end{cases} \quad (5.7)$$



Gambar 5.8 Fungsi Himpunan dan Keanggotaan Banyak Air

Untuk parameter banyak air yang dibutuhkan dalam kolam saya tentukan setelah melakukan percobaan. Percobaan pertama ketika pH air dalam kolam 7,7 lalu ditambahkan air pH 5,9 sebanyak 160 liter pH didalam kolam turun menjadi 7,6. Percobaan kedua ditambahkan sebanyak 320 liter dengan air yang sama pH didalam kolam turun menjadi 7,3 dan yang terakhir ditambahkan sebanyak 960 liter dengan air yang sama pH didalam kolam turun menjadi 6,9.

4. Pembuatan Aturan Fuzzy

Setelah pembentukkan himpunan dan keanggotaan pada setiap parameter dibuatlah Aturan Fuzzy. Aturan atau penyebutan dalam bahasa Inggrisnya *Rule* merupakan pengetahuan prosedural yang menghubungkan informasi yang diberikan dengan tindakan. Secara logika peraturan pada *Fuzzy* yang menentukan pemrosesan masukan dan memetakan pada keluaran. Penentuan himpunan pada output didapatkan dari perhitungan manual dengan kondisi tertentu pada kolam ikan gurame.

Tabel 5.5 Dasar Penentuan Output

No.	pH Meter SEN0161	Ultrasonik HC-SR04	Titik Pusat (z)	Durasi
1.	6,3	36	535,75	Banyak
2.	6,4	40	464,78	Sedikit
3.	6,4	54	449,39	Sedikit
4.	6,6	38	557,53	Banyak
5.	6,6	44	542,92	Banyak
6.	7	50	500,8	Banyak
7.	7	56	515,42	Banyak
8.	7,1	40	464,78	Sedikit
9.	7,1	49	428,54	Sedikit
10.	7,1	55	464,78	Sedikit

Dalam metode *Fuzzy Mamdani*, fungsi implikasi yang dipakai adalah fungsi min. Dalam pembuatan aturan, penulis membuat dengan "IF" dan "AND" dan menghasilkan perintah "THAN". Dalam sistem ini memiliki 6 aturan fuzzy untuk digunakan dalam perhitungan fuzzy.

Tabel 5.6 Aturan Fuzzy

No	pH	HC-SR04	Durasi
1	High	Normal	Sedikit
2	High	Low	Sedikit
3	Normal	Normal	Banyak
4	Normal	Low	Banyak
5	Low	Normal	Sedikit
6	Low	Low	Banyak

B. Penalaran (*Inferensi*) Fuzzy

Penalaran atau *Inferensi* adalah proses mengolah input untuk dapat menghasilkan nilai output melalui aturan yang sudah dibuat sebelumnya. Nilai α dari setiap aturan kemudian dipetakan pada fungsi keanggotaan keluaran dan membuat sebuah fungsi keanggotaan baru. Rumusan inferensi adalah dalam persamaan sebagai berikut.

$$\mu A \cap B[x] = \min(\mu A[x], \mu B[x]) \quad (5.8)$$

Setelah nilai input selesai melakukan proses inferensi, maka nilai tersebut dipakai untuk melakukan proses yang selanjutnya yaitu komposisi antar aturan.

C. Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi merupakan proses yang terakhir dari perhitungan fuzzy yang akan menentukan nilai titik pusat (z). Defuzzyfikasi sendiri memiliki tahapan dalam menentukan nilai titik pusat (z), yang pertama dicarinya nilai terbesar dan terkecil terlebih dahulu dari semua aturan yang ada, lalu menghitung nilai "a1" dan "a2", selanjutnya menghitung nilai momen M1, M2, dan M3, lalu hitung luas setiap daerah A1, A2, dan A3, dan yang terakhir didapatlah nilai titik pusat (z). Rumus Defuzzyfikasi dalam setiap tahapannya dalam persamaan sebagai berikut:

$$\text{Minimum} = \sum \min(\text{semua aturan yang masuk dalam suatu kondisi}) \quad (5.9)$$

$$\text{Maximum} = \sum \max(\text{semua aturan yang masuk dalam suatu kondisi}) \quad (5.10)$$

$$a1 = (\text{Minimum} * 600) / 200 \quad (5.11)$$

$$a2 = (\text{Maximum} * 600) / 200 \quad (5.12)$$

$$\mu[z] = \begin{cases} \text{Minimum}; & z \leq a1 \\ (z - 200) / 600; & a1 \leq z \leq a2 \\ \text{Maximum}; & z \geq a2 \end{cases} \quad (5.13)$$

$$M1 = \int_0^{a1} (\text{Minimum})z dz = (\text{Minimum} / 2) z^2 \Big|_0^{a1} \quad (5.14)$$

$$M3 = \int_{a1}^{a2} \frac{(z - 200)}{600} z dz = \int_{a1}^{a2} (0,00166z^2 - 0,33z) dz = 0,00055667 z^3 - 0,167 z^2 \Big|_{a1}^{a2} \quad (5.15)$$

$$M3 = \int_{a2}^{800} (\text{Maximum})z dz = (\text{Maximum} / 2) z^2 \Big|_{a2}^{800} \quad (5.16)$$

$$A1 = a1 * \text{Minimum} \quad (5.17)$$

$$A2 = (\text{Minimum} + \text{Maximum}) * ((a2 - a1) / 2) \quad (5.18)$$

$$A3 = (800 + a2) * \text{Maximum} \quad (5.19)$$

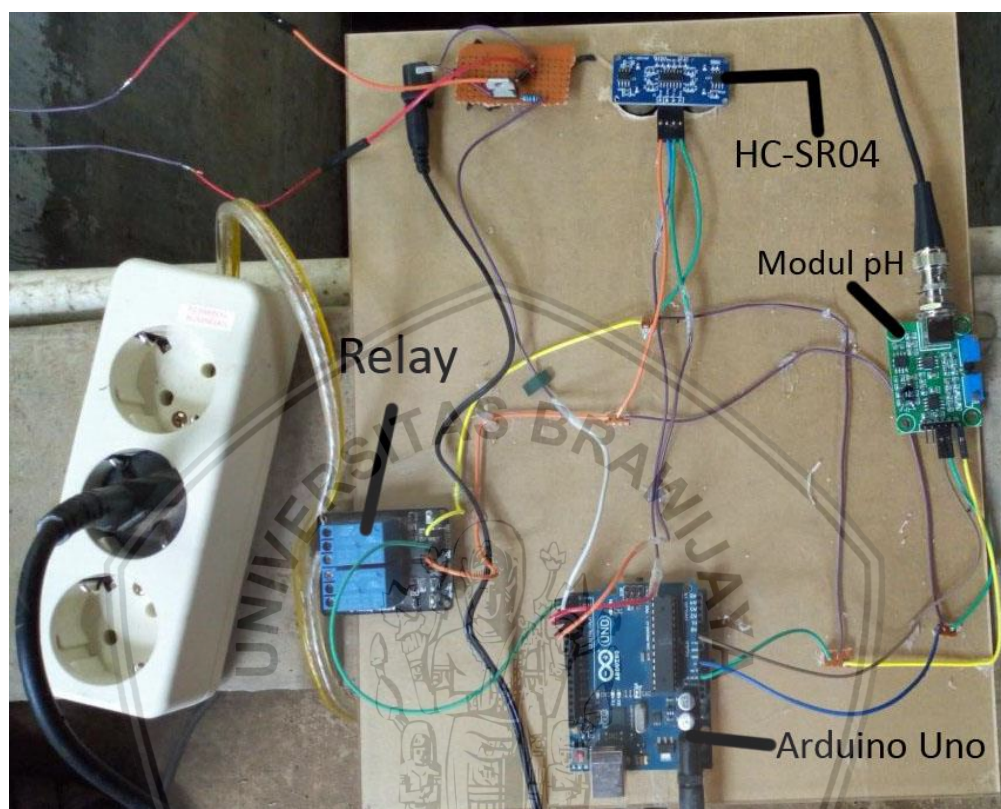
$$z = \frac{M1 + M2 + M3}{A1 + A2 + A3} \quad (5.20)$$

5.2 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahap untuk merealisasikan pembuatan sistem berdasarkan semua perancangan yang telah dilakukan sebelumnya. Pada subbab ini menjelaskan satu per satu secara rinci terkait implementasi, implementasi perangkat keras serta implementasi perangkat lunak.

5.2.1 Implementasi Pengontrolan Derajat Keasaman (pH) Air Otomatis

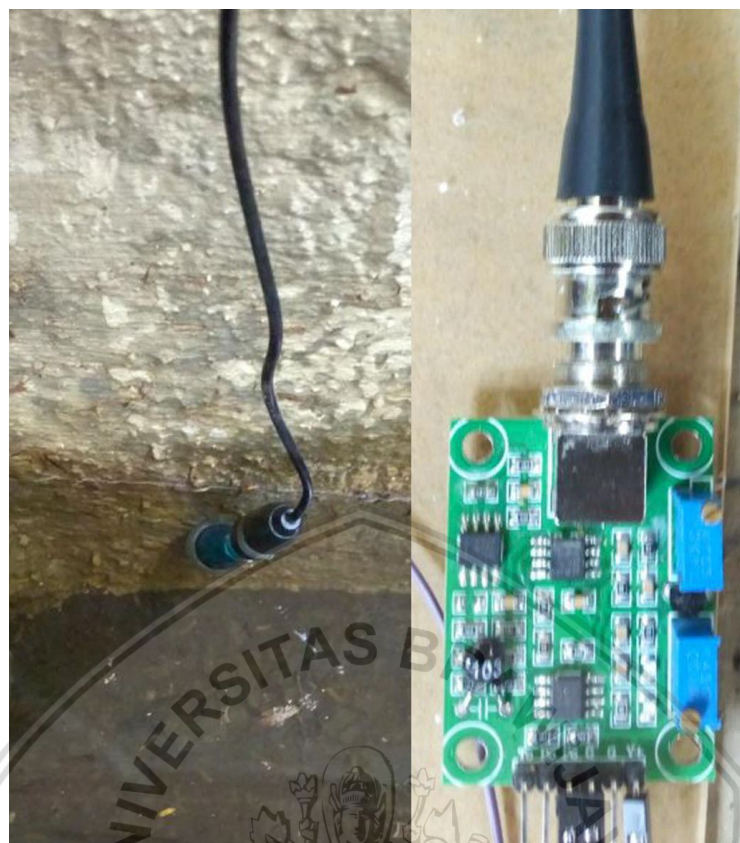
Dalam mengimplementasikan pengontrolan derajat keasaman (pH) air secara otomatis ini mengacu pada di subbab 5.1.1 yakni menggunakan kolam ikan berukuran 167cm x 500cm x 60cm hasil implementasi beserta peletakan komponen elektronik yang digunakan ditunjukkan pada gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.9 Implementasi Alat Pengontrolan Keasaman (pH) Air

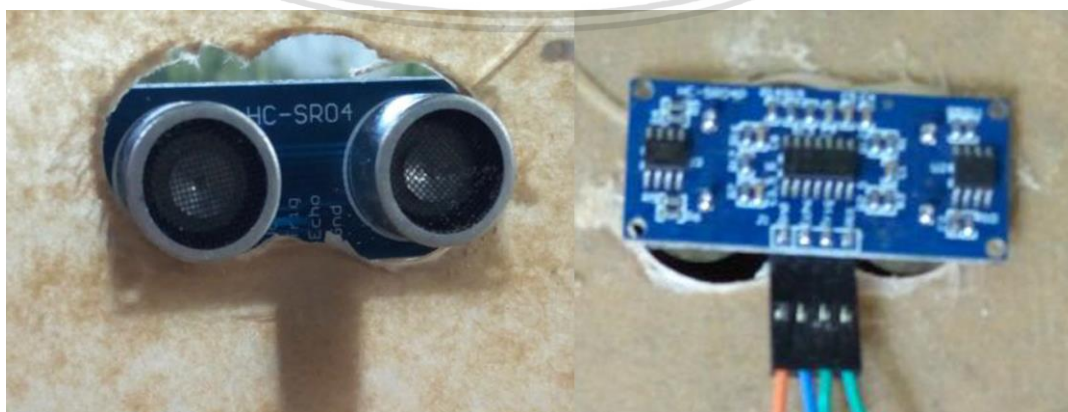
5.2.2 Implementasi Perangkat Keras

Tahap ini menjelaskan proses pengimplementasian perangkat keras yang mencakup komponen elektronik antara lain Arduino Uno, sensor pH meter SEN0161, modul pH meter, sensor Ultrasonik, pompa air, Solenoid Valve, Relay dan PCB sebagai pelengkap dan penghubung untuk antar VCC dengan VCC dan Ground dengan Ground.



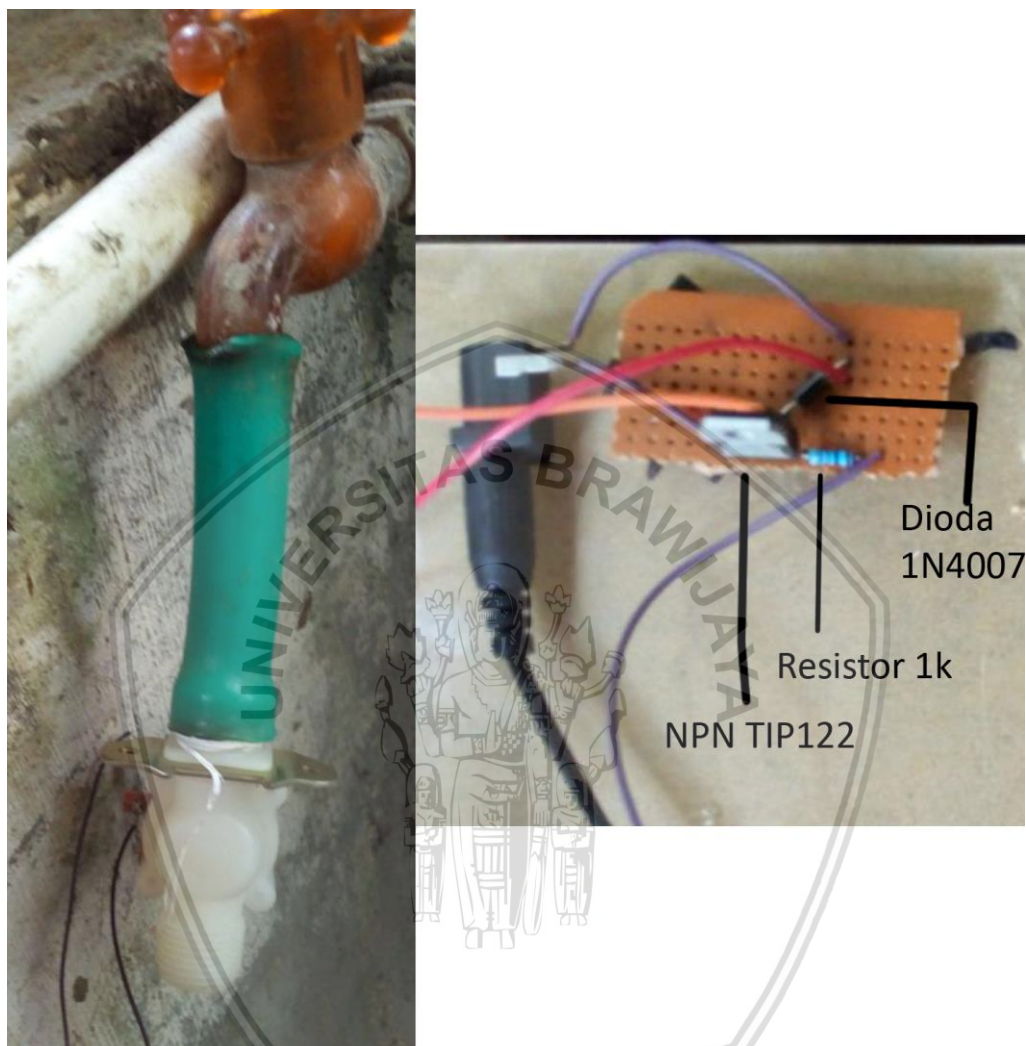
Gambar 5.10 Implementasi Rangkaian Sensor pH SEN0161 dan Modul pH meter

Pada Gambar 5.10 menunjukkan hasil implementasi sensor pH meter SEN0161 dan Modul pH meter. Sensor pH meter SEN0161 diletakkan didalam kolam seperti pada gambar 5.10 sebelah kiri yang sebagian dari sensor pH meter SEN0161 akan terendam air sedalam kurang lebih 30 cm agar sensor dapat selalu membaca nilai derajat keasaman pada air. Lalu pada Gambar 5.10 sebelah kanan adalah implementasi dari Modul pH Meter yang letakkannya diatas akrilik dan yang berfungsi juga sebagai ADC agar nilai yang dibaca oleh sensor SEN0161 agar dapat dibaca oleh Arduino Uno.



Gambar 5.11 Implementasi Rangkaian Sensor HC-SR04

Pada Gambar 5.11 menunjukkan hasil implementasi sensor ultrasonik tipe HC-SR04 yang terletak diatas kolam dengan bagian lubang Trigger dan Echo menghadap kedalam kolam. Dihadapkan kedalam kolam agar sensor bisa mengukur tinggi rendahnya air dalam kolam.



Gambar 5.12 Implementasi Rangkaian Solenoid Valve

Pada gambar 5.12 menunjukkan hasil implementasi solenoid valve yang diletakkan diujung pipa yang langsung terhubung dengan air sumur. Pada gambar 5.12 sebelah kanan merupakan komponen tambahan yang dibutuhkan solenoid valve agar bisa terhubung dengan arduino. Pada komponen pendukung terdapat NPN jenis TIP122, Dioda jenis 1N4007, Resistor 1k, dan adaptor 12v seperti yang ada pada gambar.



Gambar 5.13 Implementasi Rangkaian Pompa

Pada gambar 5.13 menunjukkan hasil implementasi pompa air dengan kekuatan pompa 32 liter/menit. Pompa menghubungkan langsung pada kolam ikan gurame dan tempat penampungan air hujan. Dimana sisi keluaran pompa ditujukan ke dalam kolam ikan gurame.

5.2.3 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak menjelaskan proses realisasi program untuk Sistem pengontrolan Keasaman (pH) air ini berdasarkan perancangan yang telah dilakukan pada subbab 5.1.3 Dalam melakukan implementasi perangkat lunak ini sepenuhnya proses pengkodean program dilakukan pada Arduino IDE 1.6.0.

5.2.3.1 Implementasi Kode Program Pengambilan Data Sensor

Dalam melakukan implementasi untuk pembacaan nilai dari suatu sensor tentunya perlu dilakukan inisialisasi variable dan konfigurasi pin sensor berdasarkan perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak yang telah dijelaskan pada subbab sebelum-sebelumnya.

Gambar 5.14 menunjukkan potongan kode program dimana pada baris ke-1 dan baris ke-2 difungsikan untuk memberi perintah On dan Off pada pompa. Pada baris ke-3 dan baris ke-4 inisialisasi pin pompa dan solenoid valve sebagai

output sistem. Pada baris ke-5 dan baris ke-6 adalah untuk inisialisasi pin digital 2 untuk trigger dan pin digital 4 untuk echo pada sensor Ultrasonik HC-SR04. Baris ke-7 untuk inisialisasi untuk sensor Ultrasonik HC-SR04. Baris ke-8 untuk inisialisasi pin analog 0 untuk sensor pH meter SEN0161. Pada baris ke-9 hingga baris ke-15 digunakan sebagai inialisasi variabel dalam pengamplikasian kalibrasi sensor pH meter SEN0161.

```

1 #define Pompa_On 0
2 #define Pompa_Off 1
3 #define Pompa 3
4 #define Solenoid 5
5 const int trigPin = 2;
6 const int echoPin = 4;
7 float Ultra;
8 #define SensorPin A0
9 #define Offset 0.00
10 #define samplingInterval 20
11 #define printInterval 800
12 #define ArrayLenth 40
13 int pHArray[ArrayLenth];
14 int pHArrayIndex=0;
15 static float pH;

```

Gambar 5.14 Kode Program inisialisasi variabel

Pada gambar 5.15 menunjukkan kode program pembacaan sensor pH meter SEN0161. Sensor pH meter SEN0161 tidaklah langsung bisa digunakan karena nilai output dalam pembacaan sensor ini sangatlah besar dan akurasi pembacaan sensor sangatlah kecil, jadi untuk mengatasi masalah itu haruslah dilakukan kalibrasi untuk sensor pH meter SEN0161. Proses kalibrasi sensor pH meter SEN0161 dimulai dari inisialisasi variabel long yang ditunjukkan pada baris ke-43 dan baris ke-45 inisialisasi variabel long digunakan untuk mengetahui waktu dalam membaca nilai analog sensor pH meter. Masuk dalam percabangan pada baris ke-46 lalu pada baris ke-47 membaca nilai analog pada sensor pH meter. Dalam percabangan ini difungsikan untuk membandingkan antara samplingTime dan samplingInterval yang mana samplingInterval sudah memiliki nilai sebesar 20, jika persyaratan terpenuhi dimana samplingTime lebih besar dari samplingInterval sistem akan membaca nilai analog sensor pH meter dan disimpan dalam sebuah variabel array yang berjumlah 40. Pada baris ke-48 masuk lagi dalam percabangan dimana jika pHArrayIndex memiliki jumlah yang sama besar dengan ArrayLenth maka pHArrayIndex akan dikembalikan nilainya menjadi 0 lalu pada baris ke-49 menentukan nilai tegangan. Nilai tegangan didapat dari sebuah pemanggilan fungsi dalam sistem dengan 2 variabel sekaligus. Untuk mendapatkan nilai tegangan dari pembacaan analog memiliki persamaan nilai analog $\times 5 : 1023$. Pada baris ke-50 didapatkan nilai derajat keasaman yang sudah dikalibrasi dan siap untuk diolah dari persamaan yang ada. Variabel "pH" adalah nilai asli derajat keasaman yang siap diproses untuk perhitungan metode *fuzzy mamdani*.

```

43 static unsigned long samplingTime = millis();
44 static unsigned long printTime = millis();
45 static float pHValue,voltage;
46 if(millis()-samplingTime > samplingInterval){
47     pHArray[pHArrayIndex++]=analogRead(SensorPin);
48     if(pHArrayIndex==ArrayLenth)pHArrayIndex=0;
49     voltage = avergearray(pHArray, ArrayLenth)*5.0/1024;
50     pH = 3.5*(5-voltage)+Offset;
51     samplingTime=millis();
52 }
53 if(millis() - printTime > printInterval){
54     printTime=millis();
55 }

```

Gambar 5.15 Kode Pgrogram pembacaan nilai dan pengaturan kalibrasi sensor pH meter SEN0161

Pada Gambar 5.16 menunjukkan kode program pembacaan nilai sensor HC-SR04, pada baris ke-41 mendaklarasikan variabel *duration* dengan tipe variabel *long*, pada baris ke-43 hingga baris ke-48 proses untuk mengirimkan sinyal pulsa oleh trigpin yang sebelum melakukan pengiriman sinyal pulsa trigpin harus berada dalam kondisi *low* terlebih dahulu, pada baris ke-50 dan baris ke-51 menunjukkan proses pengambilan sinyal pulsa yang dikirim oleh trigpin dan di terima oleh echopin, lalu pada baris ke-53 didapat nilai dari sensor HC-SR04 yang berisi $110 - \text{microsecondToCentimeters}(\text{duration})$ dimana 110 didapat dari nilai ketinggian kolam dan $\text{microsecongToCentimeters}(\text{duration})$ didapat dari fungsi $\text{microsecondToCentimeters}$.

```

41 long duration;
42
43 pinMode(trigPin, OUTPUT);
44 digitalWrite(trigPin, LOW);
45 delayMicroseconds(2);
46 digitalWrite(trigPin, HIGH);
47 delayMicroseconds(5);
48 digitalWrite(trigPin, LOW);
49
50 pinMode(echoPin, INPUT);
51 duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
52
53 Ultra = 110 - microsecondsToCentimeters(duration);

```

Gambar 5.16 Kode pemrograman pembacaan nilai Sensor HC-SR04

Gambar 5.17 diatas merupakan implementasi dari kontrol aktuator dimana pada baris ke-71 mendeklarasi sebuah variabel untuk kebutuhan sistem. Pada baris ke-73 dan baris ke-74 merupakan variabel “pHDown” dan “pHUp” didapat dari hasil perhitungan *fuzzy mamdani* lalu persamaan dari aktuator pompa dan solenoid valve dimana pompa mengeluarkan air sebanyak 32 Liter dalam 1 menit dan solenoid valve mengeluarkan air 1 liter selama 10 detik. Pada

baris ke-75 dan ke-76 pompa On lalu didelay selama “pHDwon1”. Pada baris ke-77 dan baris ke-78 solenoid valve Open lalu didelay selama “pHUp1”. Setelah itu aktuator pompa akan Off dan solenoid valve akan tutup lalu didelay selama 10 detik ditunjukkan pada baris ke-79 hingga baris ke-81.

```

72  float pHDown1, pHUp1;
73  pHDown1 = ( pHDown / 0.53 ) * 1000 ;
74  pHUp1 = ( pHUp / 0.1 ) * 1000 ;
75  digitalWrite(Pompa, Pompa_On);
76  delay (pHDown1);
77  digitalWrite(Solenoid, HIGH);
78  delay (pHUp1);
79  digitalWrite (Pompa, Pompa_Off);
80  digitalWrite (Solenoid, LOW);
81  delay (10000);
82  Serial.print("Millis = ");
83  Serial.print((millis()-time));
84  Serial.print ("      Pompa On = "); Serial.print (pHDown1);
85  Serial.print ("      Solenoid Open = "); Serial.println (pHUp1);

```

Gambar 5.17 Kode program kontrol aktuator

5.2.3.2 Implementasi Kode Program *Fuzzy Mamdani*

Tahap implementasi kode program *Fuzzy Mamdani* ini dimaksud untuk merealisasikan kode program saat melakukan penentuan titik pusat (z) berdasarkan data pembacaan kedua sensor. Dalam *fuzzy mamdani* ini terbagi menjadi tiga tahap yaitu *fuzzifikasi*, *inferensi* dan *defuzzifikasi*.

A. *Fuzzifikasi*

Fuzzifikasi diimplementasikan sesuai dengan perancangan yang ditunjukkan pada Gambar 5.18 dibawah ini. Pembentukan himpunan dan keanggotaan *fuzzy* dimulai dari derajat keasaman yang dilambangkan variabel array “fuzzypH”. Pada baris ke-91 hingga baris ke-96 adalah kode program untuk pembentukan himpunan dan keanggotaan *LOW* dalam derajat keasaman. Pada baris ke-97 hingga baris ke-104 kode program untuk pembentukan himpunan dan keanggotaan *NORMAL* dalam derajat keasaman. Pada baris ke-105 hingga baris ke-110 kode program untuk pembentukan himpunan dan keanggotaan *HIGH* dalam derajat keasaman. Pada baris ke-111 hingga baris ke-116 kode program untuk pembentukan himpunan dan keanggotaan *LOW* dalam ketinggian air. Pada baris ke-117 hingga baris ke-122 kode program untuk pembentukan himpunan dan keanggotaan *NORMAL* dalam ketinggian air.

```

91  if (pH > 0 && pH <= 5.5) {
92      fuzzypH[0] = 1;  }
93  else if (pH >= 5.5 && pH <= 6.5) {
94      fuzzypH[0] = (6.5 - pH) / (6.5 - 5.5);  }
95  else {
96      fuzzypH[0] = 0;  }
97  if (pH >= 6.5 && pH <= 7) {
98      fuzzypH[1] = 1;  }
99  else if (pH >= 6 && pH <= 6.5) {
100      fuzzypH[1] = (pH - 6) / (6.5 - 6);  }
101  else if (pH >= 7 && pH <= 7.5) {
102      fuzzypH[1] = (7.5 - pH) / (7.5 - 7);  }
103  else {
104      fuzzypH[1] = 0;  }
105  if (pH >= 8) {
106      fuzzypH[2] = 1;  }
107  else if (pH >= 7 && pH <= 8) {
108      fuzzypH[2] = (pH - 7) / (8 - 7);  }
109  else {
110      fuzzypH[2] = 0;  }
111  if (Ultra > 0 && Ultra <= 35) {
112      fuzzyUltra[0] = 1;  }
113  else if (Ultra >= 35 && Ultra <= 60) {
114      fuzzyUltra[0] = (60 - Ultra) / (60 - 35);  }
115  else {
116      fuzzyUltra[0] = 0;  }
117  if (Ultra > 60) {
118      fuzzyUltra[1] = 1;  }
119  else if (Ultra >= 35 && Ultra <= 60) {
120      fuzzyUltra[1] = ( Ultra - 35 ) / ( 60 - 35 );  }
121  else {
122      fuzzyUltra[1] = 0;  }

```

Gambar 5.18 Implementasi Fuzzifikasi

B. Inferensi

Inferensi diimplementasikan sesuai dengan perancangannya yang ditunjukkan pada Gambar 5.19 dibawah ini. Pada sistem ini menggunakan fungsi *min* yang ditunjukkan pada baris ke-125 hingga baris ke-130 lalu dimasukkan dalam aturan *fuzzy* yang ditunjukkan pada baris ke-131 hingga baris ke-136.

```

124  int p, q;
125  for ( p=0; p<=2; p++){
126      for ( q=0; q<=1; q++){
127          kecil = min(fuzzypH[p], fuzzyUltra[q]);
128          rule[p][q] = kecil;
129      }
130  }
131  rule00 = rule [0][0]; //01
132  rule01 = rule [0][1]; //02
133  rule10 = rule [1][0]; //03
134  rule11 = rule [1][1]; //04
135  rule20 = rule [2][0]; //05
136  rule21 = rule [2][1]; //06

```

Gambar 5.19 Implementasi Inferensi

C. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi diimplementasikan sesuai dengan perancangannya yang ditunjukkan pada Gambar 5.20 dibawah ini. Pada sistem ini menggunakan 2 yaitu pompa dan solenoid valve sehingga *fuzzy mamdani* memiliki output 2 untuk memberikan nilai pada masing-masing aktuator. Pada baris ke-165 hingga baris ke-178 perhitungan *fuzzy mamdani* untuk aktuator solenoid valve, pada baris ke-179 hingga baris ke-192 perhitungan *fuzzy mamdani* untuk aktuator pompa. Pada baris ke-168 hingga baris ke-169 dan baris ke-182 hingga baris ke-183 mencari nilai “a1” dan “a2”. Baris ke-170 hingga baris ke-172 dan baris ke-184 hingga baris ke-186 mencari nilai momen 1, 2 dan 3. Pada baris ke-173 hingga baris ke-175 dan baris ke-187 hingga baris ke-189 mencari nilai luas daerah dengan nama variabel A1, A2, dan A3. Pada baris ke-176 dan baris ke-190 didapatlah nilai titik pusat (z) untuk kedua aktuator.

```

165 if (MnUp < MnDown) {
166     float M33 = 640000;
167     float a1, a2, M1, M2, M3, A1, A2, A3;
168     a1 = (MnUp*600)+200;
169     a2 = (MxUp*600)+200;
170     M1 = (MnUp/2)*(a1*a1);
171     M2 = (((a2*a2*a2)*0.00055667)-((a2*a2)*0.167))-(((a1*a1*a1)*0.00055667)-((a1*a1)*0.167));
172     M3 = (M33)*(MxUp/2)-((a2*a2)*(MxUp/2));
173     A1 = a1*MnUp;
174     A2 = (MnUp+MxUp)*((a2-a1)/2);
175     A3 = (800-a2)*MxUp;
176     pHUp = (M1+M2+M3)/(A1+A2+A3);
177 } else {
178     pHUp = 0 ; }
179 if (MnDown < MnUp) {
180     float M33 = 640000;
181     float a1, a2, M1, M2, M3, A1, A2, A3;
182     a1 = (MnDown*600)+200;
183     a2 = (MxDown*600)+200;
184     M1 = (MnDown/2)*(a1*a1);
185     M2 = (((a2*a2*a2)*0.00055667)-((a2*a2)*0.167))-(((a1*a1*a1)*0.00055667)-((a1*a1)*0.167));
186     M3 = (M33)*(MxDown/2)-((a2*a2)*(MxDown/2));
187     A1 = a1*MnDown;
188     A2 = (MnDown+MxDown)*((a2-a1)/2);
189     A3 = (800-a2)*MxDown;
190     pHDown = (M1+M2+M3)/(A1+A2+A3);
191 } else {
192     pHDown = 0 ; }

```

Gambar 5.20 Implementasi *Defuzzifikasi*

BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini membahas proses pengujian serta menganalisis hasil dari pengujian yang dilakukan berdasarkan sistem yang telah dibuat. Adapun tujuan dilakukannya pengujian ada untuk mengetahui apakah semua kebutuhan yang diharapkan telah terpenuhi oleh sistem. Pengujian dalam sistem dibagi menjadi 4 bagian yaitu, pengujian tingkat keakurasian sensor pH meter SEN0161 sebagai sensor utama dalam sistem ini yang akan mengukur derajat keasaman dalam air, pengujian tingkat keakurasian sensor HC-SR04 yang akan mengukur tinggi rendah air, dan pengujian keseluruhan sistem apakah sistem dengan logika fuzzy mamdani ini bisa menjadi alternatif untuk pengontrolan derajat keasaman air secara otomatis, lalu yang terakhir pengujian Waktu Komputasi Pemrosesan Sistem.

6.1 Pengujian Keakuratan Sensor

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kerja sensor. Pada sistem ini menggunakan 2 buah sensor yaitu sensor derajat keasaman pH meter SEN0161 dan sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor pH meter SEN0161 adalah sensor utama dalam sistem ini yang berfungsi untuk membaca nilai derajat keasaman air yang dideteksi dan sensor Ultrasonik HC-SR04 merupakan sensor yang mempunyai tugas untuk mengukur ketinggian air dalam kolam yang dideteksi.

6.1.1 Tujuan Pengujian

Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk mengetahui fungsionalitas pembacaan dari kedua sensor dan untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor. Dengan melakukan perbandingan nilai antara yang dibaca oleh sensor dengan nilai yang sesungguhnya. Jika sensor pH meter SEN0161 akan dibandingkan dengan pH meter lalu sensor ultrasonik HC-SR04 akan dibandingkan dengan meteran.

6.1.2 Prosedur Pengujian

Berikut prosedur pengujian yang dilakukan untuk menguji sensor :

1. Mengubungkan sensor dengan Arduino Uno sesuai tabel 5.1 dan tabel 5.2.
2. Menghubungkan mikrokontroler Arduino Uno dengan Laptop.
3. Menjalankan sistem dan melihat data yang ditampilkan sistem pada laptop.
4. Pengujian sensor pH Meter SEN0161 dimulai pada air pH 4 dan tambahkan air pH 7,7 setiap 3 menit hingga pH 6,0. Lalu dilanjutkan pada pH 8 dan ditambahkan air pH 4 setiap 3 menit hingga pH 6,0.
5. Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 dimulai pada ketinggian 5 cm hingga 100 cm yang berganti 1 menit sekali dengan perbedaan 5 cm.
6. Mengamati hasil pembacaan dari sensor yang dapat dilihat diserial monitor pada fitur Arduino IDE dan membandingkan nilai yang terbaca tersebut dengan nilai yang sesungguhnya, jika sensor pH meter SEN0161

akan dibandingkan dengan pH meter lalu sensor ultrasonik HC-SR04 akan dibandingkan dengan meteran.

7. Menentukan besarnya *error* pembacaan sensor. Masing-masing pembacaan nilai sensor kemudian diambil selisihnya untuk dilakukan perhitungan persentase *error* dalam bentuk nilai desimal.

Adapun cara untuk mengukur persentase *error* yaitu dengan menggunakan **Persamaan (6.1)** berikut :

$$\text{Persentase Error} = \frac{\text{Selisih nilai pembacaan}}{\text{Pembacaan alat ukur}} \times 100\% \quad (6.1)$$

Untuk menghitung nilai selisih pembacaan nilai sensor dan alat ukur yaitu dengan menggunakan **Persamaan (6.2)** berikut :

$$\text{Selisih nilai pembacaan} = | \text{pembacaan alat ukur} - \text{pembacaan sensor} | \quad (6.2)$$

6.1.3 Hasil dan Analisis Pengujian

Hasil dan analisis pengujian pengambilan data pada sensor dilakukan sebelum kontrol fuzzy dijalankan oleh penulis.

6.1.3.1 Sensor pH Meter SEN0161

Pada kode program pengambilan data Sensor SEN0161 ini sebelumnya dilakukan dulu proses kalibrasi yang dilakukan didalam kode program arduino IDE.

Hasil pengujian berdasarkan langkah-langkah yang telah ada ditunjukkan pada tabel 6.1 yang mana pada tabel tersebut menunjukkan hasil pembacaan derajat keasaman dengan menggunakan sensor pH meter SEN0161 dan pH meter. Terlihat bahwa sensor dapat membaca beberapa macam air dengan nilai derajat keasaman yang berbeda-beda. Hasil perbandingan antara nilai pembacaan sensor dan nilai pembacaan dari pH meter pada objek air yang sama menunjukkan perbedaan nilai.

Tabel 6.1 Hasil pembacaan sensor SEN0161

No.	pH Meter SEN0161	pH Meter	Error
1.	3,76	4,0	6%
2.	3,93	4,2	6,42%
3.	4,11	4,4	6,59%
4.	4,34	4,6	5,65%
5.	4,58	4,8	4,58%
6.	4,82	5,0	3,6%
7.	5,07	5,2	2,5%
8.	5,28	5,4	2,22%
9.	5,46	5,6	2,85%
10.	5,68	5,8	2,06%
11.	5,9	6,0	1,66%
12.	6,17	6,2	0,48%
13.	6,43	6,4	0,46%

14.	6,68	6,6	1,21%
15.	6,81	6,8	0,14%
16.	6,98	7,0	0,28%
17.	7,18	7,2	0,27%
18.	7,50	7,4	1,35%
19.	7,69	7,6	1,18%
20.	7,94	7,8	1,79%
21.	8,22	8,0	2,75%
Rata-rata			2,569%

Berdasarkan **Persamaan (6.1)** untuk menentukan persentase *error* pada setiap pengujian, diperoleh rata-rata *error* sebesar 2,569 %. Contoh perhitungan persentase *error* pada pengujian sebagai berikut :

Nilai derajat keasaman pembacaan sensor = 7,5

Nilai derajat keasaman pembacaan alat ukur = 7,4

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih nilai pembacaan} &= | \text{pembacaan alat ukur} - \text{pembacaan sensor} | \\
 &= | 7,4 - 7,5 | \\
 &= 0,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase Error} &= \frac{\text{Selisih nilai pembacaan}}{\text{Pembacaan alat ukur}} \times 100 \% \\
 &= \frac{0,1}{7,4} \times 100 \% \\
 &= 1,35 \%
 \end{aligned}$$

Adapun untuk menghitung nilai rata-rata *error* keseluruhan pengujian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata error} &= \frac{\text{Jumlah persentase error}}{\text{Jumlah pengujian}} \\
 &= \frac{53,95}{21} \\
 &= 2,569 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 6.1 didapatkan rata-rata *error* yang dihasilkan sangat kecil yaitu 2,569 % dengan menggunakan sensor pH meter SEN0161 yang sudah dikalibrasi, yang mana hasil tersebut diukur dengan acuan hasil pengambilan data derajat keasaman dengan menggunakan pH meter. Sehingga dapat dikatakan bahwa akurasi pembacaan sensor pH meter SEN0161 sangat baik. Selain itu, walaupun terdapat *error* antara pembacaan sensor dengan alat ukur, namun sensor tetap dapat membaca nilai derajat keasaman air meskipun perubahan nilainya cukup kecil.

6.1.3.2 Sensor HC-SR04

Hasil pengujian sensor HC-SR04 ditunjukkan pada Tabel 6.2 dibawah berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa sensor dapat membaca beberapa macam ketinggian dengan nilai yang berbeda-beda.

Tabel 6.2 Hasil Pembacaan Sensor Ultrasonik HC-SR04

No.	HC-SR04 (cm)	Meteran (cm)	Error
1.	5,26	5	5,2%
2.	9,56	10	4,4%
3.	14,53	15	3,13%
4.	19,40	20	3%
5.	24,29	25	2,44%
6.	29,09	30	3,03%
7.	34,14	35	2,45%
8.	39,05	40	2,37%
9.	43,93	45	2,37%
10.	49,03	50	1,94%
11.	53,36	55	2,98%
12.	58,74	60	2,1%
13.	63,13	65	2,87%
14.	68,59	70	2,01%
15.	73,64	75	1,81%
16.	78,07	80	2,41%
17.	83,38	85	1,9%
18.	87,29	90	3,01%
19.	92,77	95	2,47%
20.	92,05	100	7,95%
Rata-rata			2,992%

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 6.2 didapat rata-rata persentase error sebesar 2,992 % dengan menggunakan persamaan 6.1 dan persamaan 6.2. Contoh perhitungan persentase *error* pada pengujian sebagai berikut :

Nilai jarak pembacaan sensor = 19,40

Nilai jarak pada meteran = 20

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih nilai pembacaan} &= | \text{pembacaan alat ukur} - \text{pembacaan sensor} | \\
 &= | 20 - 19,40 | \\
 &= 0,6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase Error} &= \frac{\text{Selisih nilai pembacaan}}{\text{Pembacaan alat ukur}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,6}{20} \times 100\% \\
 &= 3\%
 \end{aligned}$$

Adapun untuk menghitung nilai rata-rata *error* keseluruhan pengujian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Rata-rata error} &= \frac{\text{Jumlah persentase error}}{\text{Jumlah pengujian}} \\ &= \frac{59,84}{20} \\ &= 2,992 \%\end{aligned}$$

Penulis menganalisis pengambilan data sensor sebelum kontrol fuzzy dijalankan. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 6.2 didapatkan rata-rata *error* yang dihasilkan sangat kecil yaitu 2,992 % yang mana hasil tersebut membandingkan antara sensor HC-SR04 dan meteran. Sehingga dapat dikatakan bahwa akurasi pembacaan sensor Ultrasonik HC-SR04 sangat baik. Selain itu, walaupun terdapat *error* antara pembacaan sensor dengan alat ukur, namun sensor tetap dapat membaca nilai jarak meskipun perubahan nilainya cukup kecil.

6.2 Pengujian Fuzzy Mamdani

Fuzzy Mamdani adalah salah satu logika *fuzzy* yang sering juga dikenal dengan metode Max-Min. Dalam sistem ini *fuzzy mamdani* dipilih karena keluaran dari logika *fuzzy mamdani* berupa nilai kisaran yang nantinya akan dipilih sebagai titik pusat *z* dari nilai kisaran yang ditentukan.

6.2.1 Tujuan Pengujian

Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah logika fuzzy mamdani dapat dijadikan alternatif untuk pengontrolan derajat keasaman air pada ikan gurame atau tidak.

6.2.2 Prosedur Pengujian

Berikut prosedur pengujian yang dilakukan untuk menguji *fuzzy mamdani* :

1. Mengubungkan sensor dengan Arduino Uno sesuai tabel 5.1 dan tabel 5.2.
2. Menghubungkan mikrokontroler Arduino Uno dengan Laptop.
3. Menjalankan sistem dan melihat data yang ditampilkan sistem pada laptop.
4. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali dimana 5 dari kondisi awal derajat keasaman 6,4 dan ketinggian air yang berbeda-beda dengan tujuan menaikkan derajat keasaman lalu 5 dari kondisi awal derajat keasaman 7,1 dan ketinggian air yang berbeda-beda dengan tujuan menurunkan derajat keasaman.
5. Mengamati hasil dari perubahan yang terjadi ketika fuzzy mamdani dijalankan dan apakah setelah fuzzy mamdani dijalankan nilai derajat keasaman (pH) air akan kembali sesuai dengan kebutuhan derajat keasaman ikan gurame.

6.2.3 Hasil dan Analisis Pengujian

Hasil pengujian fuzzy mamdani ditunjukkan pada tabel 6.3 dibawah ini.

Tabel 6.3 Hasil Pengujian Fuzzy Mamdani

No.	Kondisi Awal		Hasil perubahan Derajat Keasaman	Keterangan
	Derajat Keasaman	Ketinggian Air		
1.	6,4	37	6,7	Berhasil
2.	6,4	43	6,6	Berhasil
3.	6,4	48	6,5	Berhasil
4.	6,4	54	6,5	Berhasil
5.	6,4	59	6,4	Gagal
6.	7,1	36	6,7	Berhasil
7.	7,1	42	6,8	Berhasil
8.	7,1	47	7	Berhasil
9.	7,1	53	7	Berhasil
10.	7,1	59	7,1	Gagal

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 6.3 terlihat bahwa dari jumlah 10 data terdapat 2 hasil dari sistem yang nilai pH tidak kembali kedalam kisaran derajat keasaman kebutuhan ikan Gurame. Sehingga akurasi yang diperoleh Pengontrolan Derajat Keasaman Ikan Gurame dengan Fuzzy Mamdani ini sebesar 80 %. Proses perhitungan akurasinya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{\text{Total Data} - \text{Data Tidak Sesuai}}{\text{Total Data}} \times 100\% \\
 &= \frac{10 - 2}{10} \times 100\% \\
 &= \frac{8}{10} \times 100\% \\
 &= 80\%
 \end{aligned}$$

Dalam pengujian fuzzy mamdani ini dikatakan berhasil jika sensor mendeteksi derajat keasaman berada diluar kebutuhan ikan Gurame lalu sistem akan melakukan tindakan untuk mengembalikan nilai derajat keasaman sesuai kebutuhan ikan Gurame yaitu pH 6,5 hingga pH 7. Sistem akan diaggap gagal jika pH tidak kembali dikisaran pH 6,5 hingga derajat keasaman 7 setelah melakukan tindakan. Hasil dari 10 kali percbaan menunjukkan 2 kali percobaan tidak kembali kedalam kisaran derajat keasaman sesuai kebutuhan ikan gurame.

6.3 Pengujian Waktu Komputasi Pemrosesan Sistem

Pengujian waktu komputasi pemrosesan sistem dimulai dari sistem dijalankan hingga dapat menentukan nilai titik pusat (z) dari perhitungan *fuzzy mamdani*.

6.3.1 Tujuan Pengujian

Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sistem untuk melakukan proses pengontrolan dalam satu kondisi jika

pH kolam berada diluar kebutuhan ikan gurame, hal ini diperlukan untuk mengetahui performansi dari sistem yang telah dibuat.

6.3.2 Prosedur Pengujian

Berikut prosedur pengujian yang dilakukan untuk menguji waktu komputasi :

1. Mengubungkan sensor dengan Arduino Uno sesuai tabel 5.1 dan tabel 5.2.
2. Menghubungkan mikrokontroler Arduino Uno dengan Laptop.
3. Menjalankan sistem dan melihat data yang ditampilkan sistem pada laptop.
4. Perhitungan pengujian waktu komputasi pada kontrol *fuzzy mamdani* ini dimulai dari dijalankannya sistem hingga dapat menentukan titik pusat z dalam satu siklus sebanyak 10 kali pengujian.

6.3.3 Hasil dan Analisis Pengujian

Tabel 6.4 Hasil pengujian waktu komputasi sistem

No.	Nama Pengujian	Waktu Komputasi (ms)
1.	Pengujian ke-1	689
2.	Pengujian ke-2	691
3.	Pengujian ke-3	699
4.	Pengujian ke-4	694
5.	Pengujian ke-5	690
6.	Pengujian ke-6	696
7.	Pengujian ke-7	693
8.	Pengujian ke-8	698
9.	Pengujian ke-9	692
10.	Pengujian ke-10	697
Rata-rata		693,9

Berdasarkan tabel 6.4 diatas hasil pengujian yang dilakukan 10 kali, waktu komputasi sensor untuk membaca data rata-rata waktu sebesar 693,9 ms atau sekitar 0,693 detik. Waktu komputasi pada pengujian fuzzy mamdani ini tidak termasuk waktu delay pada titik pusat z dan juga tidak termasuk dari delay untuk kestabilan yang diberikan pada sensor pH meter selama 3 menit.

BAB 7 PENUTUP

Bab ini memuat penarikan kesimpulan berdasarkan tahap-tahap yang telah dikerjakan sebelumnya. Selain itu pada bab ini pula peneliti menyampaikan saran yang diharapkan dapat digunakan untuk pengembangan penelitian selanjutnya yang serupa dengan penelitian ini selanjutnya.

7.1 Kesimpulan

Sesuai dengan rumusan masalah yang diajukan diawal penelitian serta berdasarkan hasil dari pengujian yang dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Keakuratan sensor derajat keasaman pH meter SEN0161 yang diletakkan dalam kondisi sebagian terendam air didalam kolam dapat membaca nilai derajat keasaman dalam kolam dengan rata-rata error yang cukup yakni 2,569 % sehingga dapat dikatakan sensor bekerja dengan cukup baik karena dapat membaca perubahan derajat keasaman dalam air yang berbeda dengan perubahan nilai yang kecil sekalipun. Selain itu sensor ini membutuhkan waktu 3 menit untuk mendapatkan nilai yang stabil dari awal sistem mulai dijalankan. Dan sensor Ultrasonik HC-SR04 yang diletakkan diatas kolam dapat membaca ketinggian air dengan baik dengan rata-rata error yang kecil sekali yaitu 2,992 % sehingga dapat dikatakan sensor bekerja dengan baik.
2. Hasil yang diperoleh Sistem Pengontrolan Derajat Keasaman ini yang diuji sebanyak 10 kali adalah 80 %. Dalam pengujian fuzzy mamdani ini dikatakan berhasil jika sensor mendeteksi derajat keasaman berada diluar kebutuhan ikan Gurame lalu sistem akan melakukan tindakan untuk mengembalikan nilai derajat keasaman sesuai kebutuhan ikan Gurame yaitu pH 6,5 hingga pH 7. Sistem akan dianggap gagal jika pH tidak kembali dikisaran pH 6,5 hingga pH 7 setelah melakukan tindakan.
3. Waktu komputasi dalam satu siklus perhitungan fuzzy mamdani rata-rata sebesar 0,693 detik dari 10 kali pengujian. Waktu komputasi pada pengujian fuzzy mamdani ini tidak termasuk waktu delay pada titik pusat z dan juga tidak termasuk dari delay untuk kestabilan yang diberikan pada sensor pH meter selama 3 menit.

7.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan penelitian ini ataupun yang serupa kedepannya adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan metode atau algoritma lain untuk membandingkan metode atau algoritma manakah yang mempunyai tingkat keakuratan lebih tinggi.
2. Melakukan penambahan fitur dalam sistem ini dengan monitoring dan kontrol berbasis Web atau malalui mobile apps.
3. Penambahan parameter yang terkandung dalam air seperti suhu, salinitas, dan kekeruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Admin. *Penjelasan Metode Fuzzy Mamdani.* t.thn.
<http://www.sistemphp.com/penjelasan-metode-Fuzzy-mamdani> (diakses 30 Januari, 2017).
- Ayuningtias, Laras Purwati. *ANALISA PERBANDINGAN LOGIC FUZZY METODE TSUKAMOTO, SUGENO, DAN MAMDANI (STUDI KASUS : PREDIKSI JUMLAH PENDAFTAR MAHASISWA BARU FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN GUNUNG DJATI BANDUNG)*. Bandung: Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati, 2017.
- Bachtiar, Ir. Yusuf. *Buku Pintar Budi Daya & Bisnis Gurami*. Jakarta: PT. AgroMedia Pustaka, 2010.
- Communica. *Sensor Derajat Keasaman (pH) Air Meter SEN0161 dan Modul pH Sensor.* 2016.
<http://www.communica.co.za/catalog/Details/P2828768601> (diakses Maret 7, 2017).
- Durachman, Drs. Ir. MM. "Teknik Budidaya IKAN GURAME." *pustaka.litbang.pertanian.go.id.* 04 02 2018.
pustaka.litbang.pertanian.go.id/agritek/jwbr0208.pdf.
- Elijah J. Morgan. "HCSR04 Ultrasonic Sensor Datasheet." *HC-SR04 Ultrasonic Sensor*, 2014.
- Kottelat, Maurice, dan Anthony J. Whitten. *Freshwater Fishes of Western Indonesia*. Univ of New South Wales, 1996.
- Kuntono, Darmanto dan. *Pembesaran Ikan Lele dengan Sapta Usaha: Penjualan dengan Bauran Orientasi Strategi untuk Usaha Mikro Kecil Menengah*. Yogyakarta: Deepublish, 2016.
- LLC, Industrial PC Pro. 2 Channel 5V Relay Module. 2017.
<http://www.nexuscyber.com/2-channel-5v-relay-module> (diakses Februari 4, 2017).
- Nafiah, Siti. *Rancang Bangun Automatic Water Filling Tub System Menggunakan Algoritma Fuzzy Mamdani*. Malang: Universitas Brawijaya Fakultas FILKOM, 2017.
- Potensi usaha budidaya ikan air tawar.* 2015 September 2015.
<http://news.kkp.go.id/index.php/potensi-usaha-budidaya-ikan-air-tawar/>.
- Saidu. *Pengontrolan pH Air secara Otomatis Pada Kolam Pembenihan Ikan Kerapu Macan Berbasis Arduino*. Tanjung Pinang: Universitas Maritim Raja Ali Haji, Fakultas Teknik, 2015.
- Shahrulakram, Mohd Adli Ikram. "Water Storage Monitoring System With pH Sensor for Pharmaceutical Plants." (2016 6th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)) 2016.

Susanto, Heru. *Budi Daya Ikan Gurame*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius (Anggota IKAPI), 1989.

Uno, Arduino. *Arduino*. t.thn. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3> (diakses Januari 7, 2018).

Weber, Max Wilhelm Carl, L. F. Beaufort, dan Pieter Bleeker. *The Fishes of The Indo-Australian Archipelago*. Published material, 1991.

